This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

P. HORSIN-DÉON

LE SUCRE

ET L'INDUSTRIE SUCRIÈRE

Encyclopédie Industrielle

J.B. BAILLIÈRE & FILS

ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

G. WERY, Sous-directeur de l'Institut national agronomiq

Introduction par le Dr P. REGNARD

Directeur de l'Institut national agronomique

40 volumes in-18 de chacun 400 à 500 pages, illustrés de nombreuses

Chaque volume : broché, **5** fr. ; cartonné, **6** fr.

Les Volumes parus sont soulignés d'un trait noir.

Agriculture générale	M. P. Diffloth, professeur spécial d'ag
Drainage et Irrigations	M. Risler, directeur hon. de l'Institut ag M. Wery, s.-directeur de l'Institut ag
Engrais	M. Garola, professeur départemental d'
Plantes fourragères	à Chartres.
Plantes industrielles	M. Hitier, maître de conférences à l'In nomique.
Céréales	M. Lavallée, ancien chef des travaux de agricole de Cappelle.
Culture potagère	M. Léon Bussard, chef des travaux i
Arboriculture	agronomique, professeur à l'Ecole d'h de Versailles.
Sylviculture	M. Fron, professeur à l'École forestière c
Viticulture	M. Pacottet, chef de laboratoire à l'Ins
Vinification	nomique.
Entomologie et Parasitologie agricoles	M. G. Guénaux, répétiteur à l'Institut agr
Zoologie agricole	
Zootechnie générale et Zootechnie du Cheval	
Zootechnie des Bovidés	M. P. Diffloth, professeur spécial d'a
Zootechnie des Moutons, Chèvres, Porcs	
Machines agricoles	M. G. Coupan, répétiteur à l'Institut agro
Moteurs agricoles	
Constructions rurales	M. Danguy, directeur des études à l'Ecc culture de Grignon.
Économie rurale	M. Jouzier, professeur à l'Ecole d'agric
Législation rurale	Rennes.
Comptabilité agricole	M. Convert, professeur à l'Institut agronc
Technologie agricole	M. Saillard, professeur à l'Ecole des i agricoles de Douai.
Industries agricoles de fermentation	M. Boullanger, chef de Laboratoire à Pasteur de Lille.
Laiterie	M. Martin, ancien directeur de l'Ecole d' laitière de Mamirolle.
Aquiculture	M. Delocle, inspecteur général de la pis
Apiculture	M. Hommell, professeur régional d'apicult
Apiculture	M. Voitellier, profes. départemental d'ag
Sériciculture	M. Veil, directeur de la station sericicole du
Hygiène de la ferme	M. P. Regnard, directeur de l'Institut agro M. Poutier, répétiteur à l'Institut agronom
Cultures méridionales	M. Lecq, inspecteur général d'agriculture M. Rivière, directeur du Jardin d'essais
Associations agricoles	M. Tardy, ingénieur agronome. [agro
Maladies des plantes cultivées	M. Delacroix, maître de conférences à
Chasse, Elevage du gibier	nome.
Alimentation des Animaux	e.
Le Livre de la Fermière	

Souscription à forfait a [illegible] *Cartonnés :*

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
Rue Hautefeuille, 19, près du Boulevard Saint-Germain, PARIS

›liothèque des Connaissances Utiles

à 4 francs le volume cartonné

Collection de volumes in-16 illustrés d'environ 400 pages

er. *L'art de découvrir les sources.*
iers (P. d'). *L'olivier et l'huile d'olive.*
Manuel de génie sanitaire, 2 vol.
in (A.). *Les eaux-de-vie et le cognac.*
et. *Conseils aux mères.*
isage. *Les matières grasses.*
). *Les maladies de la vigne.*
(G.). *Les arbres fruitiers.*
(E.). *Les plantes potagères.*
ion. *Canards, oies, cygnes.*
rt de détruire les animaux nuisibles.
ndustrie des fleurs artificielles.
).). *Les orchidées.*
plantes d'appartements et de fenêtres.
petit jardin.
er. *Les industries des abattoirs.*
is (de). *La fabrication des liqueurs.*
conserves alimentaires.
légumes et les fruits.
pain et la viande.
. *Les nouveautés photographiques.*
rnet-Agenda du Photographe.
rd (J.). *Le matériel agricole.*
constructions agricoles.
n (V.). *Le vin et l'art de la vinification.*
-Bohn. *Guide du naturaliste.*
etier. *Les maladies du jeune cheval.*
a (H.). *L'aquarium d'eau douce.*
mateur des coléoptères.
mateur de papillons.
eur. *Les exercices du corps.*
. *Le dessin et la peinture.*
. *Physiologie et hygiène des écoles.*
lie. *La culture fourragère.*
. *Conseils aux mères.*
lin. *L'essai commercial des vins.*
nt. *Alimentation du bétail.*
t. *L'âge du cheval.*
d (E.). *Manuel de viticulture.*
c (E.). *Les ennemis de la vigne.*
st (A.). *La pratique de l'homœopathie.*
nd (E.). *Premiers secours.*
n. *La santé des animaux.*
mes. *La pratique de la viticulture.*
. *Le cheval anglo-normand.*
. *Manuel d'apiculture.*
(A.). *La pisciculture en eaux douces.*
pisciculture en eaux salées.

Gourret. *Les pêcheries de la Méditerranée.*
Graffigny. *Ballons dirigeables.*
Graffigny (H. de). *Les industries d'amateurs.*
Granger. *Fleurs du Midi.*
Guénaux. *Elevage du Cheval.*
Gunther. *Médecine vétérinaire homœopathique.*
Guyot (E.). *Les animaux de la ferme.*
Héraud. *Les secrets de la science et de l'industrie.*
— *Les secrets de l'alimentation.*
— *Les secrets de l'économie domestique.*
— *Jeux et récréations scientifiques*, 2 v.
Lacroix-Danliard. *La plume des oiseaux.*
— *Le poil des animaux et fourrures.*
Larbalétrier (A.). *Les engrais.*
Leblond et Bouvier. *La gymnastique.*
Lefèvre (J.). *Les nouveautés électriques.*
— *Le chauffage.*
— *Les moteurs.*
Locart. *Manuel d'ostréiculture.*
— *La pêche et les poissons d'eau douce.*
Londe *Aide-mémoire de Photographie.*
Mégnin. *Nos chiens.*
Montillot (L.). *L'éclairage électrique.*
— *L'amateur d'insectes.*
— *Les insectes nuisibles.*
Montpellier. *L'Électricité à la maison.*
Montserrat et Brissac. *Le gaz.*
Moreau (H.). *Les oiseaux de volière.*
Moquin-Tandon. *Botanique médicale.*
Piesse (L.). *Histoire des parfums.*
— *Chimie des parfums et essences.*
Pertus (J.). *Le Chien.*
Poutiers. *La menuiserie.*
Relier (L.). *Guide de l'élevage du cheval.*
Riche (A.). *L'art de l'essayeur.*
— *Monnaies, médailles et bijoux.*
Rémy Saint-Loup *Les oiseaux de parcs.*
— *Les oiseaux de basse-cour.*
Rouvier. *Hygiène de la première enfance.*
Sauvaigo (E.). *Les cultures méditerranéennes.*
Saint-Vincent (Dr de). *Médecine des familles.*
Tassart. *L'industrie de la teinture.*
— *Les matières colorantes.*
Thierry. *Les vaches laitières.*
Vignon (L.). *La soie.*
Vilmorin (Ph. de). *Manuel de floriculture.*

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL.

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
Rue Hautefeuille, 19, près du Boulevard Saint-Germain, PARIS

Encyclopédie Vétérinaire

Publiée sous la direction de C. CADÉAC

PROFESSEUR DE CLINIQUE A L'ÉCOLE VÉTÉRINAIRE DE LYON

Collection nouvelle de 30 volumes de 500 pages in-18 illustrés.

Chaque volume, cartonné..... 5 fr.

Les 22 premiers volumes sont en vente :

Pathologie générale et Anatomie pathologique générale des Animaux domestiques, par C. CADÉAC. 1 vol. in-18 de 478 pages, avec fig., cartonné..... 5 fr.

Sémiologie, diagnostic et traitement des Maladies des Animaux domestiques, par C. CADÉAC. 2 vol. in-18, de 400 pages chacun, avec 116 figures, cartonnés..... 10 fr.

Hygiène des Animaux domestiques, par H. BOUCHER, professeur à l'École vétérinaire de Lyon. 1 vol. in-18 de 504 pages, avec 70 fig., cartonné. 2e édition 1903..... 5 fr.

Médecine légale vétérinaire, par GALLIER, vétérinaire sanitaire de la ville de Caen. 1 vol. in-18 de 400 pages, cartonné..... 5 fr.

Police sanitaire, par CONTE, professeur à l'Ecole vétérinaire de Toulouse. 1 vol. in-18 de 518 pages, cartonné..... 5 fr.

Maréchalerie, par THARY, vétérinaire de l'armée. 1 vol. in-18 de 458 pages, avec 200 figures, cartonné..... 5 fr.

Pathologie interne, par C. CADÉAC. 8 vol. in-18 de 500 pages chacun avec figures, cartonnés..... 40 fr.

I. *Bronches et estomac.* — II. *Intestin.* — III. *Foie, péritoine, fosses nasales, sinus.* — IV. *Larynx, trachée, bronches, poumons.* — V. *Plèvres péricarde, cœur, endocarde, artères.* — VI. *Maladies du sang. Maladies générales. Maladies de l'appareil urinaire.* — VII. *Maladies de l'appareil urinaire* (fin). *Maladies de la peau et maladies parasitaires des muscles.* — VIII. *Maladies du système nerveux.*

Chaque volume se vend séparément..... 5 fr.

Thérapeutique vétérinaire, par GUINARD, chef des travaux à l'Ecole de Lyon. 1 vol. in-18 de 500 pages, cartonné..... 5 fr.

Obstétrique vétérinaire, par BOURNAY, professeur à l'Ecole vétérinaire de Toulouse. 1 vol. in-18 de 524 pages, avec fig., cart..... 5 fr.

Pharmacie et Toxicologie vétérinaires, par DELAUD et STOURBE, chefs des travaux aux Ecoles de Toulouse et d'Alfort. 1 vol. in-18 de 496 pages, avec figures, cartonné..... 5 fr.

Jurisprudence vétérinaire, par A. CONTE, professeur à l'Ecole vétérinaire de Toulouse. 1 vol. in-18 de 553 pages, cartonné... 5 fr.

Pathologie chirurgicale générale, par P. LEBLANC, C. CADÉAC, C. CAROUGEAU. 1 vol. in-18 de 432 pages, avec 82 fig., cartonné.... 5 fr.

Chirurgie du pied, par BOURNAY et SENDRAIL. 1 vol. in-18 avec figures..... 5 fr.

L'Extérieur du Cheval, et des Animaux domestiques, par M. MONTANÉ, professeur à l'Ecole vétérinaire de Toulouse. 2 vol. in-18 avec figures..... 2 fr.

A. PHILIPPE

ingénieur-Constructeur, PARIS, 124, boulevard Magenta, PARIS

Adresse télégraphique : ALFILIPE — PARIS

Installations de sucreries de betteraves et de cannes.
Raffineries. — Distilleries. — Expertises.

FILTRES PHILIPPE

Brevetés S. G. D. G.

Type à écoulement libre.

A GRANDES SURFACES FILTRANTES

et à poches indépendantes

POUR

JUS, SIROPS

Clairces, Mélasses, etc.

FILTRES DE LABORATOIRES

à simple et double filtration

FILTRES à PRESSION

à filtration visible

pour chaque poche filtrante

Modèles spéciaux pour la filtration dans le vide des sirops entre deux caisses, ou à la sortie du Triple Effet.

PARIS 1891, HORS CONCOURS, MEMBRE DU JURY
PARIS 1892 et 1893, **3** DIPLOMES D'HONNEUR

Nombreuses APPLICATIONS et RÉFÉRENCES

Modèles divers pour débits depuis 10 jusqu'à 4,000 hectol.

N. B. — Un filtre de **20 mètres** carrés de surface filtrante n'occupe qu'un emplacement de 0m75 de largeur sur 0m96 de longueur et un volume de **0,85** mètres cubes.

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

A. MAGUIN

Ingénieur civil des Mines, à **CHARMES**, près La Fère (Aisne)

Couteaux de diffusion et **porte-couteaux** en tous genres
Contre-plaques épierreuses b^tés S. G. D. G.
Machines à affûter et à dresser, b^tées S. G. D. G.
Coupe-Racines de Sucreries et Distilleries
coupant sur toute la surface.
Plateaux en acier incassables et porte-couteaux
à large dégagement de la cossette.
Porte-Couteaux « *Excelsior* », b^té S. G. D. G.
Brosseur débourreur de coupe-racines en marche.
Appareil pour le **pesage** des **betteraves**, système A. Maguin
b^té S. G. D. G.
Installation du Transporteur hydraulique
roues à aubes, b^tées S. G. D. G., élevant les betteraves
et les eaux boueuses.
Laveurs à vidange automatique, Élévateurs, Secoueurs.
Cristallisation continue. Carbonatation continue.
Sulfitation des Jus et Sirops.
Transformation rationnelle des Triple-effet.

F. OLIN, *Ingénieur-Constructeur à* **CUESMES** *(Belgique)*
Installation et construction complète de sucreries, par les procédés les plus perfectionnés. — Médaille Exposition universelle d'Anvers 1885. Diffusion. — Séparateur « *Steffen* » — Moulins à cannes. — Coupe-cannes et coupe-racines. — Mélangeurs. — Réfrigérants. — Presses à cossettes. Carbonatation. — Filtres-Presses, Filtres à jus, Machines à gaz, Compresseurs d'air, Pompes alimentaires, à eau, à saccharates, à jus, à écumes, à sirops. — Appareils d'évaporation à Triple et Quadruple effet, Réchauffeurs de jus, Appareils de cuite en mouvement et ordinaires dans le vide, Pompes à air sèches et humides, Condenseurs Barométriques, Turbines, etc. — Machines et Appareils mécaniques en tous genres.

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE et FILS
19, rue Hautefeuille, près du boulevard Saint-Germain.

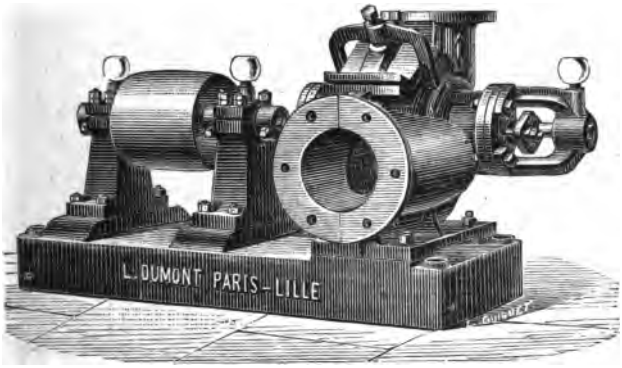
BOUANT (E.). — **NOUVEAU DICTIONNAIRE DE CHIMIE,** illustré de figures intercalées dans le texte, comprenant les applications aux sciences, aux arts, à l'agriculture et à l'industrie, *à l'usage des chimistes, des industriels, des fabricants de produits chimiques, des agriculteurs, des médecins, des pharmaciens, des laboratoires municipaux, de l'Ecole centrale, de l'Ecole des mines, des Ecoles de chimie, etc.*, par E. Bouant, agrégé des sciences physiques, professeur au lycée Charlemagne. Avec la collaboration de professeurs, d'ingénieurs et d'industriels. Introduction par M. Troost, membre de l'Institut. 1 vol. gr. in-8 de 1200 pages, avec 400 figures. . . . . 25 fr.

MAISON FONDÉE EN 1863

POMPES DUMONT

APPLIQUÉES DANS PLUS DE 600 SUCRERIES

PARIS, 55, rue Sedaine — LILLE, 100, rue d'Isly



POMPE SPÉCIALE POUR EAUX BOUEUSES DE LAVOIR

ALIMENTATION D'EAU EN GÉNÉRAL

Service des Réfrigérants

SUPÉRIORITÉ JUSTIFIÉE PAR 8,500 APPLICATIONS

Envoi franco du Catalogue illustré

Les théories et les notations de la chimie moderne, par ANTOINE DE SAPORTA. Avec une introduction par C. FRIEDEL, de l'Institut, 1889, 1 vol. in-16 de 336 p. . 3 fr. 50

Ce volume débute par une introduction de M. Friedel, en faveur de l'emploi de la notation atomique, aujourd'hui usitée dans le monde entier. Cet ouvrage sera d'un grand secours aux jeunes chimistes qui ont besoin de se mettre, dès le principe, au courant de la notation chimique et de la constitution des corps.

Le lait, études chimiques et microbiologiques, par EMILE DUCLAUX, de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences, 1887, 1 vol. in-16, de 335 p., avec fig. . . 3 fr. 50

M. Duclaux considère le lait suivant les diverses formes qu'il revêt avant d'entrer dans la consommation : *lait, beurre et fromage.*

Constitution physique du lait, analyse du beurre, action de la lumière et des microbes sur la matière grasse du lait. La caséine, la présure, et les éléments du lait, exposé des méthodes d'analyse du lait. La coagulation du lait par la prématuration des fromages, analyse des fromages, composition des divers fromages (Cantal, Brie, Roquefort, Gruyère, Parmesan, Hollande).

Le cuivre et le plomb, dans l'alimentation et l'industrie, au point de vue de l'hygiène, par le professeur ARMAND GAUTIER, membre de l'Institut, 1 vol. in-16, de 310 pages. . . . 3 fr. 50

Deux métaux toxiques nous accompagnent partout : le cuivre et le plomb. Ils nous fournissent nos ustensiles usuels, amènent l'eau dans nos villes, entrent dans la confection des vases où nous préparons nos aliments journaliers.

Quelle est l'influence, sur la santé publique, de l'absorption continue à petite dose, de ces deux métaux? Le cuivre, contrairement à l'opinion admise, semble, sinon inoffensif, du moins incapable d'entraîner des accidents graves ou mortels. Il en est tout autrement du plomb. Industriels, chimistes, médecins, gens du monde, etc., chacun consultera utilement, cet ensemble de recherches qui touchent à la fois aux questions techniques les plus variées et aux intérêts les plus puissants de l'hygiène et de l'alimentation publique. (*Journal de pharmacie*).

L'alcool au point de vue chimique, agricole, industriel, hygiénique et fiscal par A. LARBALETRIER, professeur à l'Ecole pratique d'agriculture du Pas-de-Calais, 1888, 1 vol. in-16 de 312 pages, avec 62 figures. . . . . 3 fr. 50

Propriétés physiques. Caractères chimiques. Dérivés. Matières alcoolisables. Fermentation alcoolique. Boissons alcooliques. Distillation. Alcools d'industrie. Purification et rectification. Spiritueux et liqueurs alcooliques. Altérations et falsifications. Action sur la santé. Usages. Impôts.

La coloration des vins par les couleurs de la houille, méthode analytique et marche systématique pour reconnaître la nature de la coloration, par P. CAZENEUVE, professeur de chimie à la Faculté de Lyon, 1886, 1 vol. in-16 de 318 p. avec 1 pl. 3 fr. 50

M. Cazeneuve a réuni tous les documents relatifs à l'emploi, pour la coloration des vins des matières colorantes extraites de la houille.

La première partie est consacrée à l'étude toxicologique de ces composés.

La 2e partie, consacrée à la recherche chimique des couleurs de la houille dans les vins, énumère les caractères généraux du vin naturel, des vins fuschsinés, sulfofuchsinés, colorés par la safranine, les rouges azoïques, etc.

La 3e partie la plus importante est intitulée : *Marche systématique pour reconnaître dans un vin les couleurs de la houille.* (*Journal de pharmacie et de chimie*).

DAN [illegible]
5[illegible] [illegible] DRIVE
SAN FRANCISCO 12, CALIF.

ENCYCLOPÉDIE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

LE SUCRE

ET L'INDUSTRIE SUCRIÈRE

TRAVAUX DU MÊME AUTEUR

Rapports sur l'Exposition universelle de 1878. Industries du Sucre, de l'Alcool, de la Fécule, de l'Amidon, etc. (E. Lacroix, éditeur).

Traité théorique et pratique de la fabrication du Sucre, guide du chimiste fabricant (1882, E. Bernard et Cie, éditeurs).

Revue Technique de l'Exposition universelle de 1889, La Sucrerie (Bernard, éditeur).

ENCYCLOPÉDIE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Nouvelle collection de Volumes in-18 jésus, avec figures, cartonnés.

Chaque volume . . . . . 5 fr.

Précis de chimie industrielle par P. Guichard, professeur à l'Ecole industrielle d'Amiens, 1894, 1 v. in-18 jés. av. fig. cart. 5 fr.

L'eau dans l'industrie, filtration, stérilisation, purification, par P. Guichard, 1894, 1 vol. in-18 jésus, avec fig. cart. . . . 5 fr.

Les produits chimiques employés en médecine (série grasse et série aromatique) chimie analytique et industrielle, par Aug. Trillat, expert chimiste au Tribunal civil de la Seine, Introduction par P. Schutzenberger. 1894, 1 vol. in-18 jésus, avec 57 fig. cart. 5 fr.

Couleurs et Vernis par G. Halphen, expert au laboratoire du ministère du Commerce, 1894, 1 vol. in-18 jésus, de 400 p. avec fig. cart. . . . . 5 fr.

Cuirs et peaux, par H. Voinesson de Lavelines, expert-chimiste au Laboratoire municipal, avec une préface de M. Charles Poullain, 1894, 1 vol. in-18 jésus, 452 p. avec 88 fig. cart. . . . . 5 fr.

Le Cuivre, par Paul Weiss, ingénieur au corps des mines 1894, 1 vol. in-18 jésus avec 96 fig. cart. . . . . 5 fr.

La Galvanoplastie, le nickelage, l'argenture, la dorure et l'électro-métallurgie par E. Bouant, 1894, 1 vol. in-18 jésus de 400 p. avec 50 fig. cart. . . . . 5 fr.

L'Aluminium, le manganèse, le baryum, le strontium, le calcium et le magnésium, par Adolphe Lejeal, préparateur au Conservatoire des arts et métiers. Introduction par U. Le Verrier, 1894, 1 vol. in-18 jésus, 357 p. avec 37 fig. cart.. . . . . 5 fr.

Lyon. — Imp. Pitrat Aîné, A. Rey Successeur, 4, rue Gentil. — 7728

PAUL HORSIN-DÉON
Ingénieur-Chimiste.

LE SUCRE

ET L'INDUSTRIE SUCRIÈRE

Avec 83 Figures intercalées dans le texte

SUCRE DE BETTERAVE

SUCRE DE CANNE

RAFFINAGE. — ANALYSES

PARIS
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
19, RUE HAUTEFEUILLE, PRÈS DU BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1894

Tous droits réservés

GIFT OF
Dan Gutleben

SB217
H6

AVANT-PROPOS

Écrire un livre très court sur la sucrerie n'est pas un problème facile à résoudre, lorsque l'on veut tout dire. L'industrie sucrière est une des plus compliquées et aussi des plus belles que l'on puisse étudier, car elle s'étend sur les questions agricoles, chimiques, mécaniques, économiques et commerciales, et qui la connaît bien doit savoir toutes ces sciences à la fois !

Le but que nous nous proposons ici est d'exposer autant que possible les rapports qui existent entre la sucrerie et ces différentes sciences, afin que les personnes peu versées dans notre belle industrie puissent néanmoins en raisonner en connaissance de cause.

Celui qui aura lu ce livre ne pourra pas assurément se croire fabricant de sucre, mais nous espérons qu'il aura déjà des notions suffisantes pour pouvoir comprendre les grandes lignes de la fabrication et tirer profit des visites qu'il pourrait faire à une sucrerie ou des discussions qui pourraient s'élever devant lui.

M731358

Car, pour comprendre ce que l'on voit et ce que l'on entend, il faut savoir.

Or bien peu de personnes savent ce que c'est que la sucrerie, beaucoup confondent la sucrerie et la raffinerie, qui sont deux industries bien distinctes et essentiellement différentes tant au point de vue économique et commercial qu'à celui de la matière première qu'elles emploient et du travail qu'elles opèrent.

C'est pour instruire ceux qui s'intéressent à toute question industrielle que nous avons écrit ces pages et non pour former des fabricants, et le but est aussi intéressant et utile dans un cas que dans l'autre ; c'est pourquoi nous y avons apporté tous nos soins, abordant toutes les questions, éliminant les points arides, nous étendant sur ceux qui sont le moins aisés à comprendre. Nous espérons ainsi avoir fait une œuvre aussi utile que celle que nous avons entreprise antérieurement en écrivant une *Etude complète de la fabrication du sucre*.

P. Horsin-Déon.

Paris, 15 avril 1894.

INTRODUCTION

La fabrication du sucre, telle qu'elle se pratique aujourd'hui, n'est pas de date bien ancienne. Il n'y a pas trente ans que la sucrerie a subi, au point de vue de son matériel, la grande transformation qui en a fait une industrie de premier ordre, aussi bien dans le domaine de la mécanique que dans celui de l'agriculture.

Grâce, en effet, aux appareils nouveaux introduits dans les usines, les méthodes de travail ont pu se perfectionner aussi, et le prix de revient du sucre s'est abaissé d'autant. Cette denrée, qui n'entrait jadis dans les ménages que comme un condiment très cher à l'usage des malades, a pris une telle extension dans l'alimentation que l'on doit maintenant la classer, non plus parmi les objets de luxe, mais comme un véritable aliment de première nécessité.

Aujourd'hui, la sucrerie est une des plus importantes industries du monde entier, et, si nous prenons la France comme exemple, nous y voyons que l'on y fabrique pour 245 millions de francs de sucre et mélasse, tandis que la houille ne produit que 241 millions, et le fer 222 millions.

Le matériel des sucreries françaises vaut plus de 200 millions, et l'on y emploie la force de 71.000 chevaux-vapeur, consommant au moins 650.000 tonnes de charbon par an.

Par conséquent en France, les sucreries sont des établissements, qui, au point de vue commercial, forment un ensemble des plus importants, comparable à nos plus grandes industries, à celles dont parfois nous sommes les plus fiers, et cependant c'est une des plus ignorées !

Au point de vue industriel, les sucreries doivent aussi attirer l'attention de tous. Car, si leur matériel vaut 200 millions, il ne faut pas oublier qu'il a besoin chaque année de réparations ; que chaque année naissent des améliorations qu'il faut appliquer dans les usines pour se tenir au niveau de la concurrence, non seulement des usines françaises, mais aussi de celles de l'étranger; que dès lors les ateliers de construction trouvent là un puissant aliment, si puissant même, que beaucoup d'entre eux ne vivent exclusivement que par les sucreries, et non des moins considérables.

Ensuite, les 650.000 tonnes de charbon consommé forment un mouvement important dans les houillères, et

si l'on ajoutait à cela ce que les constructeurs doivent brûler dans leurs établissements du fait de la sucrerie, on verrait la somme des services que l'industrie charbonnière retire de la sucrerie.

Mais ce n'est pas tout. Le charbon, les machines, les betteraves éloignées, le calcaire, les résidus, le sucre, la mélasse doivent être transportés ou par eau ou par voie ferrée. Il en résulte un mouvement considérable dans ces moyens de transport, et si l'on considère que plus une ligne de chemin de fer, par exemple, travaille, plus il lui faut de matériel, on doit conclure que, de ce côté encore, la sucrerie rend aux constructeurs et aux mines de signalés services.

Enfin, au point de vue agricole, l'extension de la sucrerie a produit, dans les pays où elle s'est établie, des effets merveilleux.

En France, vingt-deux départements produisent du sucre, dans 380 usines, qui emploient 65.000 ouvriers.

La surface ensemencée en betteraves est de près de 400.000 hectares pour lesquels il faut 110.000 ouvriers. Enfin les résidus de fabrication donnent un aliment excellent à 100.000 bœufs.

Il existe une loi d'économie politique qui attribue à la terre une valeur proportionnelle au nombre d'habitants qui la recouvre, et aussi à la valeur des produits qu'elle donne. Les départements betteraviers réclamant beaucoup de main-d'œuvre, fournissant, outre une plante industrielle de premier ordre, une quantité de bétail considérable, ont vu, par l'accroissement de leurs habi-

tants, par la plus-value des récoltes et par l'élevage qui les accompagne, augmenter la valeur des terres et des fermages. Il y a donc eu là une constatation évidente du progrès agricole que représente la sucrerie.

Et si, dans les moments de crises, la valeur des baux a diminué, il n'en est pas moins vrai que la présence de l'industrie du sucre a toujours été un bienfait pour l'agriculture.

Tout ce que nous venons de dire pour la France peut s'appliquer aux autres pays.

En Europe, l'Allemagne et l'Autriche se sont couvertes de sucreries, après que ces pays se furent aperçus de la prospérité que ces usines amenaient en France. Car la sucrerie, née en Allemagne, ne s'est développée d'abord qu'en France, et l'Allemagne et l'Autriche ont suivi le mouvement donné par notre pays.

La statistique, en effet, nous apprend que, tandis qu'en 1874 la France produisait 450.000 tonnes de sucre, l'Allemagne n'en fabriquait que 256.000 et l'Autriche 222.000.

Plus tard, en 1877, la production des trois pays devient presque égale.

France	398.000	tonnes.
Allemagne	384.000	—
Autriche	330.000	—

Aujourd'hui la France se trouve en retard, car elle

reste avec sa production de 450.000 tonnes, tandis que l'Allemagne en donne 970.000 et l'Autriche 500.000.

C'est que notre sol est moins prospère à la culture betteravière que celui de l'Allemagne et de l'Autriche, et de plus que nous produisons plus de vin que ces pays, la culture de la vigne dépassant de beaucoup en productivité celle de la betterave. En sorte que là où la vigne pousse bien la betterave se trouve forcément exclue. Mais si l'on calculait le rendement pécuniaire du sol français et celui des autres pays en sucre et en vin, on verrait de combien ces pays qui font plus de betterave que le nôtre sont en retard sur notre production totale par hectare carré.

Nous n'avons pas encore parlé de la Russie, et cependant ce pays possède environ deux cent quatre-vingt fabriques de sucre. C'est donc un pays où la culture de la betterave tient une place importante en Europe. Nous pourrions dire que, là surtout, les lois économiques que nous citions plus haut ont une grande portée, car dans ces vastes contrées la terre n'a de valeur réelle que là où une industrie existe, et telle partie des terres noires incomparables de l'Ukraine, à laquelle il est impossible d'attribuer une valeur quelconque, et qui nourrit à peine son fermier, voit immédiatement production, prix et fermage augmenter aussitôt qu'une sucrerie s'établit dans son voisinage.

La sucrerie de betteraves est née à la suite de la sucrerie de canne, à laquelle elle a d'abord emprunté ses méthodes. Puis la sucrerie de betterave s'est améliorée,

et c'est aujourd'hui chez elle que la sucrerie de canne vient prendre des leçons. Car cette dernière est bien en retard aujourd'hui sur sa cadette qui lui en remontre, et comme toute industrie qui ne progresse pas perd du terrain et de la valeur, la sucrerie de canne, fort en arrière, se meurt sous les efforts de sa grande concurrente. Il lui faudra une énergie incomparable pour reprendre son rang; mais les habitants des pays du soleil, énervés par les chaleurs de leur climat, auront-ils jamais cette énergie-là ?

Nous avons tenu à mettre sous les yeux des lecteurs ces quelques considérations économiques qui indiquent toute l'importance qu'il est nécessaire d'attacher à l'industrie sucrière. Dans les parlements, il est de rigueur de ne pas trop écouter les revendications de la sucrerie. Dans le public, beaucoup de gens ignorent même ce que sont nos sucreries, confondant la raffinerie, qui est une industrie urbaine, avec la sucrerie, qui est tout agricole. D'autres se figurent que, parce que les sucreries sont au milieu des champs, elles ne peuvent être qu'une industrie de ferme, sans importance. C'est pour dissiper ce manque de connaissance un peu trop général que nous avons écrit ce livre, heureux si nous avons pu ouvrir les yeux à quelques uns-seulement, et préparer d'autres, jusqu'ici sans opinion préconçue, à se faire une idée plus exacte de la question.

LE SUCRE

ET L'INDUSTRIE SUCRIÈRE

I

LA BETTERAVE

CULTURE

Nature de la betterave. — Tout le monde sait ce que c'est que la betterave, mais beaucoup ignorent qu'il existe une betterave spéciale à la sucrerie.

La betterave que chacun connaît, qui sert à l'alimentation des bestiaux ou même à celle des hommes, et que l'on sert en salade, est une racine peu enfoncée en terre, sortant énormément au-dessus du sol (fig. 1), et munie d'un abondant feuillage. On l'appelle *betterave corne de vache*, *betterave rouge*, etc.

Si l'on râpe ces betteraves, dites fourragères, que l'on en extraie le jus par pression, et qu'on l'analyse, on y trouve 5 à 10 pour 100 de sucre dissous dans le jus avec 1 à 2 pour 100 de substances minérales, telles que chlo-

rure de potassium, nitrate de potasse, etc. Et si l'on concentre ce jus préalablement épuré par la chaux, on obtient un sirop qui reste indéfiniment à l'état de sirop et ne cristallise pas, ou presque pas, par le refroidissement ni par un long repos.

Il existe au contraire des betteraves beaucoup plus petites (fig. 2), pas plus grosses que le poing, entièrement enfoncées en terre, munies d'un feuillage non moins abondant et couvrant bien le sol, et qui, à l'analyse, décèlent la présence de 15 à 18 pour 100 de sucre, avec seulement 0,3 à 0,4 pour 100 de matières salines. Le jus de ces betteraves, traité comme précédemment et concentré, donne un sirop qui cristallise en masse compacte pendant la concentration, même si on l'agite un peu.

La différence entre ces deux racines est donc considérable au point de vue de l'obtention du sucre ; c'est pourquoi tous les efforts du fabricant se tournent du côté de la culture, de manière à ce que celle-ci ne fournisse que de la betterave riche et pure.

Mais la culture n'est pas toujours disposée à faire de la betterave riche. Car si cette racine spéciale est bonne pour la sucrerie, elle est peu rémunératrice pour le cultivateur.

En effet, tandis que la betterave fourragère peut donner plus de 100.000 kilogrammes de racines à l'hectare, la betterave riche ne donne guère que 35.000 kilogrammes, de telle sorte que ce qui est un bien pour l'usine, au point de vue argent, est un mal pour la ferme.

Mais d'autre part, comme pour faire du sucre il faut des betteraves à sucre, les cultivateurs ont cherché des espèces, dites de conciliation, donnant sucre et rendement à l'hectare. Ces betteraves qui contiennent 12 à 14 pour 100 de sucre, peu de sels, peuvent en effet très bien servir à l'usine ; néanmoins le fabri-

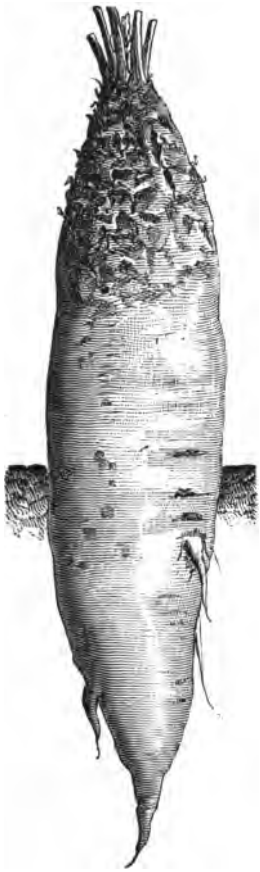


Fig. 1. — Betterave champêtre, disette blanche, collet vu hors terre.

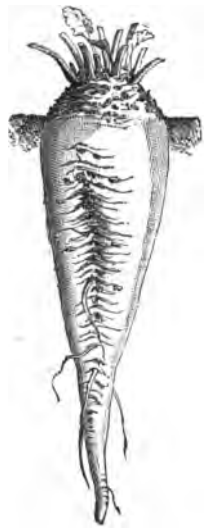


Fig. 2. — Betterave blanche à sucre améliorée Vilmorin.

cant préfère la première, et, en dépit de cette racine

de conciliation, il y a de nombreux différends entre cultivateurs et fabricants qui ont bien de la peine à vivre en paix, quoique ces derniers aient pris la détermination un jour d'acheter les betteraves à l'analyse. Mais les prix des betteraves riches, d'abord fort élevés, ont dû s'abaisser graduellement à cause des difficultés que le fabricant rencontra vis-à-vis de la perception de l'impôt ; en sorte qu'en dépit des bonnes volontés multiples, et grâce aux exigences du fisc, il est peu probable que l'on trouve jamais un terrain complet d'apaisement entre la culture et l'industrie.

Nous allons nous occuper néanmoins des conditions spéciales qu'il est nécessaire de réunir pour obtenir de la betterave riche, et nous verrons comment on a pu parvenir à enrichir les espèces sans compromettre le rendement à l'hectare, ce qui est le véritable but que doit se proposer le cultivateur. Nous examinerons, chemin faisant, quelles sont les espèces de betteraves qui sont les plus propres à être cultivées dans ces conditions, enfin quels sont les véritables rendements agricoles.

La betterave est une racine dite *pivotante*, c'est-à-dire que, dans sa figure normale, elle se compose d'un corps de forme conique se continuant en un angle fort aigu par un pivot qui s'enfonce profondément en terre. Ce pivot est garni d'une quantité innombrable de radicelles, partant, non de toute la périphérie, mais de deux lignes parallèles placées verticalement à droite et à gauche du pivot, et qui fouillent la terre à de

grandes distances pour y chercher la nourriture de la plante.

Il résulte de travaux fort intéressants de M. Aimé Girard, aujourd'hui membre de l'Institut, que ces radicelles ou *chevelu* présentent jusqu'à $2^m,50$ de longueur dans leur entier développement, en sorte que chaque betterave cherche son existence dans un volume de 6 à 8 mètres cubes de terre.

La première conséquence à tirer de ces observations est la nécessité absolue dans laquelle se trouve le cultivateur de labourer son champ très profondément, pour remuer le plus possible la terre, la rendre bien meuble sur une grande épaisseur, de manière à ce que la racine pousse facilement, et lance sans obstacle son pivot dans le sol pour y trouver les aliments qui lui sont nécessaires. Et l'on remarque en effet que, dans les champs mal labourés, la betterave arrête son développement conique, aussitôt qu'elle rencontre la terre dure ou des pierres. Alors elle s'élance de côté, à droite ou à gauche, parfois des deux côtés à la fois, et c'est ce qui fait les betteraves fourchues, biscornues, souffreteuses, qui ont une tendance à sortir de terre, et, en définitive, ont moins de poids et de richesse. Les betteraves les plus lourdes et les plus riches, dans une même espèce, sont celles qui sont les mieux faites, ayant rencontré les meilleures conditions pour leur parfait développement.

Il semblerait en second lieu que, plus on laissera d'espace autour d'une betterave pour pousser son chevelu, plus elle végètera. Le fait est vrai en ce qui con-

cerne la végétation proprement dite. Mais si l'on considère que l'élément sucré ne peut provenir du sol, lequel ne fournit que les matières salines provenant de l'engrais, et que ce n'est pas l'enrichissement en sels, mais en sucre que l'on se propose, on est amené à chercher un tempérament à cet accroissement de matières minérales dans la racine, accroissement qui est la conséquence immédiate de la végétation de plans isolés en terre féconde.

Après de nombreux essais de culture, on est arrivé à reconnaitre qu'en semant les betteraves de telle sorte que, dans la ligne, les racines soient serrées les unes contre les autres, 10 centimètres par exemple de pied à pied, mais espaçant suffisamment les lignes, 50 centimètres environ, ce qui fait vingt racines par mètre carré, on obtenait ainsi des betteraves fort riches en sucre, peu chargées en matières minérales, petites il est vrai, mais donnant par leur nombre une compensation au manque de poids individuel, de manière à suffire largement aux exigences des cultivateurs. La culture en plans serrés a rendu de grands services aux partis opposés en donnant par hectare le poids et la richesse.

L'explication de cet accroissement de richesse en sucre par la culture en plans serrés n'est pas très difficile aujourd'hui, grâce aux travaux de M. Aimé Girard. En effet, ce savant a prouvé d'une façon définitive que le sucre, qui n'est composé que de carbone et d'eau, se forme entièrement dans la feuille par l'action des agents atmosphériques, air et lumière, et que les radicelles ne

servent qu'à la nutrition saline de la plante. Cette théorie de la formation du sucre, longtemps discutée, controversée, à la confection de laquelle ont pris part nos savants les plus éminents, chimistes et agronomes, n'avait pas encore reçu de sanction définitive, et c'est à M. Aimé Girard que revient l'honneur d'avoir enfin fixé l'opinion sur la réalité de ce fait, que c'est dans la feuille que s'élabore le sucre pendant le jour, sucre qui passe dans la racine par les pétioles, ce dont on s'aperçoit surtout la nuit quand les feuilles ne confectionnent pas la matière sucrée.

Par conséquent, comme on a remarqué que la betterave petite ou grosse avait presque le même feuillage, comme il est évident que serrer les plans doit nuire quelque peu à la nutrition saline, puisqu'il y a plus de betteraves sur le même espace qui se nourrissent à la même source, et comme d'ailleurs le développement organique est moindre, que la betterave dès lors est plus petite et que cependant son verdoyant feuillage doit produire presque autant de sucre, il en résulte, naturellement, que ces betteraves serrées sont plus riches en sucre à poids égal et moins chargées de sels que celles qui reçoivent un autre genre de culture.

Ces faits remarquables sont de première importance au point de vue agronomique, car ils permettent de contenter fabricants et cultivateurs, ces derniers en retirant encore cet avantage que les betteraves peu salines épuisent moins le sol de son engrais, ce qui, pour eux, est d'un gros intérêt.

Une autre condition pour avoir des betteraves riches est le choix de la graine.

En effet, nous avons déjà distingué précédemment la betterave fourragère peu sucrée de la betterave à sucre proprement dite. Or, dans ces dernières, il y a aussi de nombreuses variétés qu'il est important de choisir comme semence, suivant la qualité du sol que l'on cultive. Car telle espèce réussit bien dans les terres légères et telle autre donne de meilleurs rendements dans les terres fortes. On doit donc choisir d'abord la graine propre au terrain qu'on ensemence, au résultat industriel qu'on désire obtenir, et surtout avoir de la graine qui ne dégénère pas, point sur lequel nous allons nous entretenir tout à l'heure.

La betterave à sucre fut cultivée d'abord en Allemagne, sous le nom de betterave blanche de Silésie.

Cette racine, transportée en France, fut étudiée au point de vue cultural par des agronomes distingués, qui cherchèrent à augmenter sa richesse en sucre, et l'on s'aperçut vite que plus la quantité de sucre augmentait dans le jus, moins ce jus contenait de matières salines; en sorte que ce que l'on appelle la pureté du jus augmente avec sa richesse saccharine, condition excellente pour le travail à l'usine.

On s'aperçut aussi que certaines variétés fournissaient des graines donnant exactement la même espèce pendant plusieurs générations, tandis que d'autres dégénéraient fort vite.

Obtenir une betterave riche et à descendance constante

sans dégénérescence trop rapide était donc l'objectif que devaient se poser les agronomes. L'un d'eux, M. Vilmorin, a poussé jusqu'à l'extrême cette recherche, et a produit une espèce dite *betterave améliorée*

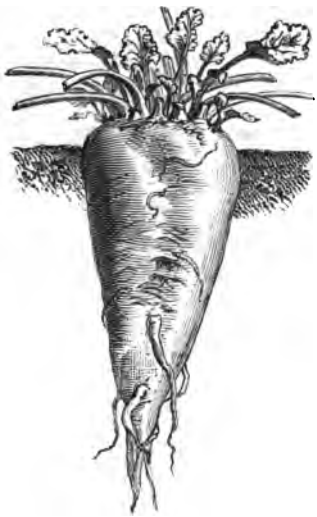


Fig. 3. — Betterave blanche à sucre améliorée Vilmorin.

Vilmorin (fig. 3) qui répond totalement à ce desideratum. Seulement, en augmentant la richesse d'une betterave, il y a concurremment une diminution dans le volume de cette betterave. En sorte que l'améliorée de Vilmorin est fort petite et son rendement à l'hectare en poids de racine est très faible, quoique le poids de sucre produit par unité de surface du sol soit le plus considérable. Il en résulte que l'améliorée de Vilmorin

ne peut guère contenter que le fabricant au détriment du cultivateur, aussi n'est-elle en usage que dans les fermes appartenant à des sucreries même, comme cela a lieu dans les grandes exploitations de la Russie.

Fig. 4. — Betterave blanche française riche Vilmorin.

Alors M. Vilmorin, partant de cette racine type, riche et constante dans sa descendance, a créé d'autres types répondant mieux aux besoins industriels. Telle est, en dernier ressort, sa *betterave blanche française riche* (fig. 4) qui répond à toutes les exigences de la situation.

La betterave blanche améliorée de Vilmorin est déjà ancienne, et c'est la première de toutes les betteraves riches produites pour la sucrerie. Aussi tous les culti-

vateurs et marchands de graines s'en emparèrent-ils pour l'acclimater à leurs contrées et la modifier par la culture suivant les besoins de la demande.

Fig. 5. — Betterave blanche à sucre, Klein Wanzleben.

Les Allemands, entre autres, en firent sortir de très bonnes espèces, et l'on peut affirmer que les Dippe et les Klein Wanzleben (fig. 5), recherchées dans maintes cultures, sont issues directement de la Vilmorin avec laquelle elles ont bien peu de différence.

Ces betteraves extra-riches sont très ligneuses, très dures au toucher, et moins sujettes que les racines à chair tendre à diminuer de richesse lorsque les conditions climatériques sont mauvaises. Aussi le rapproche-

ment des plans dans le champ, comme nous le disions plus haut, est-il moins indispensable que pour les autres.

Les betteraves moins riches ont la chair plus tendre, sont plus grosses, se conservent moins bien ordinairement. Mais encore y a-t-il dans ces racines des variétés nombreuses, et les cultivateurs savent-ils aujourd'hui produire des espèces qui, dérivant de la betterave riche, en ont une partie des propriétés de bonne conservation et de rusticité.

En résumé, pour faire de la bonne betterave à sucre, rémunératrice pour le fabricant et le cultivatenr, il faut d'abord choisir une graine dont la parenté ascendante réponde aux besoins des deux partis et aux exigences du climat, et dont on soit assuré autant que possible de la fixité dans la descendance, pour que la racine soit identique au type primitif.

Mais il y a un autre point non moins important; c'est, outre la préparation du sol qui va recevoir cette graine, la nature des engrais qu'on va lui fournir.

Engrais. — Les plantes, pendant leur végétation, se nourrissent aux dépens des matières contenues dans le sol, et aussi aux dépens de l'air atmosphérique.

Lorsque l'on analyse une plante, on y trouve en plus ou moins grande abondance des substances minérales, des matières organiques et de l'eau. Parmi les matières minérales, quatre surtout sont en plus grande proportion : la potasse, la chaux, l'acide phosphorique et l'azote.

On a remarqué que les céréales, les légumineuses, les plantes fourragères, qui sont les trois grandes classes de végétaux cultivés dans nos champs, ne contiennent pas dans la même proportion ces quatre éléments minéraux, et M. Georges Ville a proposé de nommer *dominantes* celles de ces matières minérales qui y sont contenues dans la plus grande proportion. Ainsi :

La dominante des céréales est l'acide phosphorique et l'azote ;

La dominante des légumineuses, des tubercules, etc., est la potasse ;

La dominante des fourrages est la chaux.

Cela ne veut pas dire que les légumineuses, par exemple, ne contiennent que de la potasse, mais il faut comprendre par là que la potasse s'y trouve en plus grande abondance que les trois autres éléments. Ainsi l'analyse de la betterave lui assigne la composition minérale suivante, feuilles et racines ensemble.

Potasse	35,4
Azote	23 »
Acide phosphorique	9,3
Soude	7,7
Chaux	7 »
Magnésie	4,6
Chlore	3,8
Acide sulfurique	2,2
Silice et divers	7 »
	100 »

On voit donc que la potasse est la *dominante* parmi les matières salines qui entrent dans la composition de la betterave et que l'azote, puis l'acide phosphorique viennent après.

La potasse, l'acide phosphorique et les matières minérales qui suivent dans cette nomenclature sont fournies à la plante par la terre, dans laquelle le chevelu si développé dont nous parlions précédemment va les chercher profondément. L'azote provient en partie également du sol qui le contient à l'état de nitrate ou d'ammoniaque, et surtout de l'atmosphère dans laquelle le puise le feuillage abondant de la betterave pendant sa respiration diurne.

De cette constatation, il résulte évidemment qu'il faut que le sol contienne potasse, azote, acide phosphorique, etc., pour que la betterave puisse pousser ; car si un seul de ces éléments manquait, la racine végéterait mal, ou même ne pousserait pas du tout, la graine ne trouvant pas son aliment.

Il en résulte aussi que, étant donné un sol ne contenant pas, ou pas suffisamment, l'un quelconque de ces éléments, si l'on parvient à le lui incorporer de telle manière qu'il soit *assimilable* par la plante, c'est-à-dire de manière à ce que la plante puisse se l'approprier comme s'il était naturel au sol, la plante poussera dans de bonnes conditions.

C'est à quoi l'on arrive au moyen des engrais. Alors on nomme *engrais* toute substance ajoutée à la terre pour y compléter les éléments nutritifs qui lui manquent,

à condition que ces éléments ajoutés soient assimilables par la plante.

Comme exemple, prenons l'acide phosphorique. Cette substance est toujours ajoutée à la terre à l'état de phosphate de chaux. Mais on peut avoir le phosphate de chaux sous différentes formes. En effet, dans la nature on trouve le phosphate à l'état de nodules, ou pierres fort dures. Si l'on jette de telles pierres dans un champ, on n'obtiendra aucun résultat, parce que le phosphate en nodules n'est pas assimilable. Si l'on traite ces nodules d'une certaine façon et qu'on les transforme en superphosphates, alors on a un engrais excellent. Donc, pour qu'une substance devienne un engrais, il faut qu'elle soit à un état tel, que la plante puisse l'absorber par ses radicelles.

Avant d'aller plus loin sur la question des engrais, nous parlerons d'une condition encore de premier ordre qu'il est nécessaire de rencontrer dans le sol pour que les plantes y poussent convenablement. C'est la présence dans la terre de l'*humus*.

On nomme humus cette substance noire si abondante dans le terreau de nos jardins.

L'humus est indispensable dans le sol pour la végétation, et l'on doit chercher à l'y entretenir et au besoin l'y faire naître.

L'humus provient de la décomposition des matières végétales qui meurent sur le sol. Il n'est donc pas difficile de l'obtenir. Or, certains sols ne sont stériles que parce qu'ils en sont dénués, et l'on aurait beau y mettre tous

les engrais possibles, les plantes qu'on y sèmerait n'auraient qu'une végétation précaire.

Le rôle de l'humus est très complexe. C'est un foyer puissant de décomposition minérale, au milieu duquel certaines substances terrestres, absolument réfractaires à l'alimentation des plantes, deviennent assimilables ; on lui a même donné parfois le rôle principal sinon unique dans la végétation. Toujours est-il que l'humus est un élément indispensable à la vie des plantes, soit que son influence provienne des acides organiques qu'il contient et qui décomposent lentement les matières minérales, soit encore qu'il soit le siège de la vie microbienne à laquelle on est porté aujourd'hui à attribuer l'acte même de la végétation.

L'humus étant donc indispensable à la plante, les engrais que l'on mettra dans la terre devront tendre non seulement à fournir les sels nécessaires aux végétaux, mais aussi à créer cet humus bienfaisant. D'où deux sortes d'engrais ; ceux qui contiennent les matières végétales et animales, créatrices d'humus, et les engrais minéraux proprement dits, appelés communément engrais chimiques.

Les premiers comprennent d'abord les *fumiers*, formés par la décomposition des litières au contact des excréments animaux ; les engrais humains dits *engrais flamand*, dont les villes fournissent une si grande abondance ; les dépôts formés par les eaux de fabrique, ou *eaux vannes ;* les débris d'équarrissage, les tourteaux de graines oléagineuses, les marcs, etc.

Parmi les seconds, se rangent tous les produits chimiques, sels de potasse, de chaux et d'ammoniaque, phosphates, le noir animal, les vinasses de distillerie.

Enfin, comme transition entre les deux, les guanos qui contiennent à la fois des matièrse minérales et organiques abondantes.

Citons encore l'engrais végétal, qui consiste, sous le nom moderne de *sidération*, à retourner en terre une récolte de plantes fourragères, trèfle ou luzerne, avant qu'elle porte graine.

Examinons rapidement les avantages de ces différents engrais et leurs inconvénients.

Le *fumier de ferme*, le plus ancien des engrais, le plus usité dans la petite et la moyenne culture, est remarquable par la qualité des produits qu'il apporte à la terre, au point de vue de l'assimilation. Malheureusement il est très humide, 80 pour 100 d'eau environ, en sorte que les cultivateurs dépensent en transports, soins d'épandage, etc., un temps et un argent précieux qui ne leur rapportent rien. Le fumier ne contient guère que 6 à 7 pour 100 de matières minérales et 13 à 14 pour 100 de substances végétales et animales. Par conséquent, tout engrais composé des mêmes éléments que le fumier, moins l'eau, doit lui être préféré. Aussi fait-on des mélanges de tourteaux ou de déchets quelconques et d'engrais chimiques qui, sous un volume moindre, produisent des effets non moins satisfaisants, avec cet avantage de pouvoir varier les éléments, suivant la récolte que l'on veut obtenir.

Les engrais animaux directs, engrais flamand ou parcages de mouton, très puissants pour fertiliser un sol apauvri, ne valent rien pour certaines cultures, entre autres pour la betterave, parce que ce sont des éléments qui fournissent en trop grande abondance l'azote nitrique et qui nuisent à la *pureté* des jus qu'on en extrait aux dépens de la quantité de sucre. Aussi, dans les contrats passés avec les cultivateurs, défend-on expressément les parcages de mouton sur les champs qui seront l'année suivante cultivés en betterave. Les eaux vannes sont dans le même cas, et les marais desséchés sont aussi prohibés pour la culture betteravière.

La *sidération* n'apporte au sol que l'azote puisé par la plante dans l'air ambiant, et la matière organique qui formera l'humus plus tard. Elle ne prend rien au sol; elle ne fait que l'enrichir et rendre assimilables certaines substances y existant et qui n'étaient pas propices à la végétation.

C'est donc une méthode d'enrichir le sol en azote et humus; mais ses effets ne se font pas sentir toujours dès la première année. Il faut donner le temps à la décomposition organique de se faire.

C'est pour la même raison que l'antique jachère remplaçait avec avantage la fumure; c'était de la sidération avant la lettre, avec cet avantage que, servant de pâturage aux animaux, la jachère fournissait engrais animal et végétal; malheureusement c'était beaucoup de temps perdu, et, de nos jours, on n'a pas le loisir de regarder la terre improductive toute une année !

C'est pourquoi les engrais chimiques ont tant d'intérêt aujourd'hui. Mais il ne faut pas oublier que l'engrais chimique ne peut pas marcher sans humus ; aussi associe-t-on maintenant l'engrais chimique au fumier, ce qui est la pratique par excellence, lorsque le fumier est bien fait, c'est-à-dire presque transformé déjà en humus.

M. Georges Ville est un des grands promoteurs de l'emploi des engrais chimiques. Or il s'est posé le problème suivant : étant donné que pour faire une culture comme celle de la betterave, par exemple, il faut fournir au sol toutes les matières que la récolte va lui enlever, potasse, azote minéral, phosphore, etc., ce qui constitue à proprement parler l'*engrais*, et de plus la quantité des mêmes matières qu'il est indispensable d'ajouter à un sol pour le rendre fertile après une série de récoltes faites, ce que M. Dehérain nomme plus particulièrement l'*amendement*, quelle est la quantité et la nature des matières minérales qu'il faut aussi lui lui ajouter ?

Pour arriver à résoudre ce problème, M. G. Ville se servant de la notion des dominantes, a formé un mélange de matières minérales bien appropriées, et qu'il a nommé l'*engrais complet*, parce qu'il contient tous les éléments nécessaires à n'importe quelle culture.

Il emploie donc cet engrais complet sur le sol en expérience de la manière suivante :

Cet engrais étant composé pour la culture d'un are, de :

Phosphate de chaux.	4 kilogrammes
Carbonate de potasse	4 —
Chaux caustique.	1,500
Nitrate de soude.	5,600

Il divise le champs en sept lots dans lesquels il met :

1er lot : l'engrais complet.
2e — l'engrais sans nitrate de soude.
3e — le nitrate de soude seul.
4e — le nitrate de soude et la chaux.
5e — l'engrais sans phosphate.
6e — l'engrais sans chaux.
7e — aucun engrais.

Ces sept lots sont ensuite soignés et semés de même manière ; puis, à la récolte, on constate quel est celui qui a donné le meilleur résultat (fig. 6).

Cette méthode expérimentale, la meilleure de toutes, et qui ne peut jamais tromper si elle est faite avec soin, permet de juger quelle est la meilleure composition d'engrais à appliquer au champ en question, quels sont les éléments nécessaires et ceux qui sont superflus, et, en variant les cultures, quelle est en définitive la composition initiale du sol expérimenté.

Grâce à ce mode d'essais, chacun peut se rendre compte, sans conseils d'agronomes ou de chimistes parfois fort difficiles à trouver dans les campagnes, quels sont les engrais et amendements que son champ demande, et le fait est qu'il a rendu en maintes occasions des services signalés qui en font un procédé éminemment classique et recommandable, même aux plus petites exploitations.

C'est ainsi que, si l'on désire employer tel engrais renommé, guano ou autre, un essai de ce genre dira de suite si les résultats que l'on en espère seront réalisables, et s'ils valent la peine de dépenser parfois beaucoup

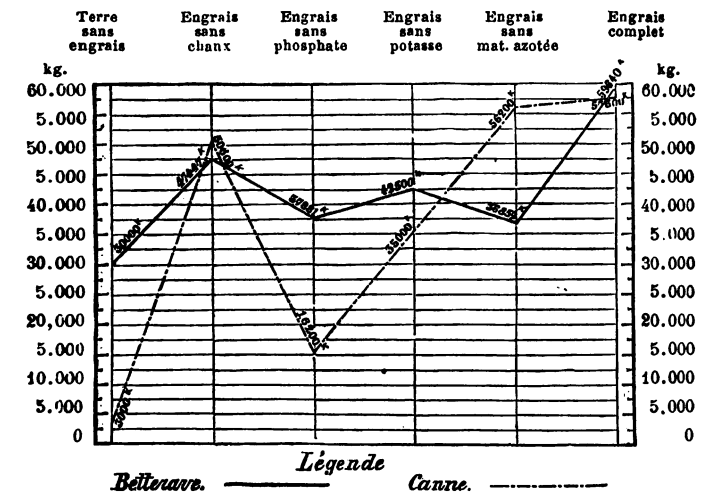


FIG. 6. — Diagramme du rendement d'un champ avec différents engrais.

d'argent pour l'appliquer. Par conséquent, tout agronome prenant possession d'une culture qu'il ne connaît pas devra dès le principe commencer par une semblable expérience, afin de se rendre compte des qualités de la terre qu'il prend en fermage.

Assolements. — Nous avons dit que l'engrais complet correspond à la quantité de matières minérales nécessaires à toutes les cultures. Nous avons vu aussi

que les cultures qu'on faisait sur les champs dans nos contrées se classent en céréales, légumineuses ou tubercules et fourrages, dont les dominantes sont les quatre éléments primordiaux composant la terre arable.

Il en résulte que, si un sol fertile reçoit l'engrais complet, on pourra faire trois récoltes successives sans avoir besoin de remettre de l'engrais, soit une récolte de céréale, une récolte de légumineuse, ou de pomme de terre, ou de betterave, et une récolte de fourrage. En effet, la première se nourrira surtout d'acide phosphorique et d'azote, la seconde de potasse, et la troisième de chaux, et, après cela, si l'on remet engrais complet avec amendement pour compléter les éléments perdus, on pourra recommencer la même *rotation*.

Cette succession de récoltes méthodiques s'appelle *assolement*. On le qualifie de biennal, triennal, etc., suivant que l'on recommence la rotation tous les deux trois, ou quatre ans. Ainsi, un assolement biennal pourrait être celui-ci :

I. Assolement biennal :

Blé,	Betterave.

II. Assolement triennal :

Froment,	
Betterave,	Avoine.

III. Assolement quadriennal :

Betterave,	Trèfle,
Avoine,	Blé d'hiver.

Ces assolements peuvent varier dans l'ordre des cul-

tures. Ainsi, dans le dernier, fera-t-on le blé avant la betterave, ou la betterave avant le blé, et ce détail qui semble peu de chose a été cause de longues discussions techniques. En effet, comme la rotation commence par une fumure très forte, il arrive que, si l'on sème le blé sur la fumure, le blé verse, et si c'est la betterave au contraire qui commence, sa pureté et sa richesse s'en ressentent en mal. Alors, au lieu de donner tout le fumier au commencement de la rotation, on le donne par portions chaque année en tenant compte de la dominante de la plante que l'on va semer. Et c'est ainsi que l'agronome parvient à obtenir les récoltes les plus considérables sans appauvrir le sol, par l'emploi judicieux des engrais chimiques joints à ceux que les espèces animales et les végétaux lui fournissent. L'agronomie est une science fort étendue et en même temps un art des plus intéressants à étudier. Nous ne pouvons pas en dire plus long dans un pareil ouvrage, mais nous espérons que le lecteur qui s'intéresse à ces questions comprendra toute l'importance qu'il faut attacher à l'étude complète des travaux faits par les savants auteurs des méthodes nouvelles quand on désire se lancer dans la grande culture.

Toutes ces questions que nous n'avons fait qu'ébaucher ici, nous les avons étudiées plus au long dans notre *Traité théorique et pratique de la fabrication du sucre*[1]. Nous prions nos lecteurs de s'y rapporter

[1] Bernard, éditeur.

pour plus amples informations, et nous allons maintenant nous occuper de la fabrication du sucre proprement dite.

Culture. — La betterave est une racine qui se plaît surtout dans les zones tempérées. Sa culture se fait, dans tous les pays du globe placés entre le 45e et le 60e degré de latitude nord. Elle se plaît aussi sur les hauts plateaux des pays chauds, en Espagne, en Amérique, qui participent du climat des pays tempérés. Les conditions élémentaires de la vie de cette racine sont : une quantité de chaleur totale suffisante depuis sa levée jusqu'à son arrachage, et un arrosage naturel ou artificiel tel, qu'elle pousse d'une manière normale; enfin, un sol fertile, pas trop léger, et assez profond pour permettre le libre développement du pivot.

Si l'on additionne la température moyenne des journées qui se sont écoulées depuis le jour des semailles jusqu'à l'arrachage, on remarque que, lorsque cette somme est moindre de 3100 degrés, la betterave n'est pas mûre. Il faut donc, dans les pays à betterave, que, d'avril à septembre inclus, on retrouve ordinairement cette quantité de degrés de température.

Cela étant, lorsque le sol est propice, on peut toujours faire de la betterave, soit que les pluies soient suffisamment abondantes dans le climat, soit que l'on agisse par irrigations. C'est par ce dernier moyen qu'on arrive à cultiver la betterave dans le midi de la France.

Les terres doivent être extrêmement bien travaillées et nettoyées. Labourage profond avant l'hiver avec

enfouissement des fumiers de ferme. Labours et hersages au printemps ; semailles aussitôt que les gelées ne sont plus à craindre, et roulage après les semailles.

Les engrais chimiques sont enfouis à diverses époques du travail de la terre suivant leur nature. Les phosphates par exemple, ayant besoin de séjourner plus longtemps en terre pour être bien assimilables, se mettront au second labour, les autres, ceux que la pluie pourrait dissoudre et entraîner trop tôt dans le sous-sol sans profit immédiat pour la graine, se sèment soit avec la graine, soit au moment du labour qui précède immédiatement les semailles.

On peut mettre 40.000 kilogrammes de fumier de ferme par hectare ; les engrais azotés devront être distribués avec précaution de manière à ce qu'il n'y ait pas plus de 150 kilogrammes d'azote à l'hectare. La potasse doit être au moins dans la proportion de 60 kilogrammes dans le sol, mais pas plus de 80 kilogrammes. Quant aux phosphates il n'y a guère de danger d'en mettre trop, mais il faut que la terre contienne au moins 35 à 40 kilogrammes d'acide phosphorique pour avoir une bonne récolte.

Le choix judicieux des engrais devra être fait après analyse chimique de la terre en culture pour savoir combien cette terre contient déjà des différents éléments, potasse, acide phosphorique, azote et chaux qui forment la base des engrais. Et si l'on reconnaît que le sol est suffisamment riche en tel ou tel élément, il sera inutile de lui en ajouter. L'analyse permet donc de guider le

cultivateur sur la nature et la quantité d'engrais chimiques nécessaires à fournir au sol.

D'ailleurs, l'analyse peut se faire expérimentalement sans être chimique. En effet, si l'on reconnaît que telle terre fournit abondamment des fourrages et que les céréales ne s'y plaisent pas, c'est qu'elle sera riche en chaux et pauvre en acide phosphorique, puisque la chaux est la dominante des fourrages, et l'acide phosphorique celle des céréales. Dans les terres bonnes pour les fourrages, il ne sera donc pas utile de mettre de la chaux et réciproquement.

Un cultivateur observateur peut donc connaître de prime abord les engrais nécessaires à son champ. Mais néanmoins l'analyse chimique sera toujours un aide puissant qui lui ouvrira les yeux sur des détails de composition du sol qu'il peut parfaitement ignorer.

Lorsque la graine est levée, sa ligne verdoyante indique s'il n'y a pas dans le champ des espaces où se soient produits des manques. De plus, entre ces lignes, la mauvaise herbe pousse parfois si abondante, que la jeune plante risque d'être étouffée. Il faut alors commencer les *façons*, qui consistent en un premier, puis un second *binage* à la main, pour détruire la mauvaise herbe et aérer la terre durcie par la pluie ou le soleil. A ce moment, la plante est bien sortie, et les petites betteraves commencent à se gêner entre elles lorsqu'elles sont trop rapprochées par le hasard du semis. On procède dès lors au *démariage* qui consiste à arracher les betteraves les plus malingres parmi celles qui sont

trop rapprochées, et ne laisser d'une racine à l'autre que la distance que l'on a décidé d'adopter entre les plants. On en profite aussi pour faire les *repiquages* dans les places où il y a des manques.

Après ces opérations, on laisse les racines tranquilles jusqu'à ce que les feuilles soient bien développées et les abritent déjà des rayons du soleil. On fait un dernier binage pour bien nettoyer la terre des herbes qui l'encombrent, et la betterave se trouve alors assez forte et assez ombragée pour qu'on l'abandonne à elle-même jusqu'à sa maturité.

Lorsque la saison a été propice, la maturité se reconnaît par le jaunissement des feuilles, qui tombent inertes autour du pied. C'est le moment d'arracher et de commencer la fabrication.

Mais parfois, on est obligé d'arracher avant la maturité complète, lorsque l'automne n'a pas été assez chaud, et alors commencent les difficultés pour le fabricant ; car la betterave qui a mal mûri est aussi difficile à travailler qu'il est aisé de transformer en sucre celles que le soleil a permis d'arracher bien à point. Les industries agricoles sont à la merci des caprices du temps, et le propre des directeurs de sucrerie est de savoir conjurer, par un travail approprié, les déboires que leur inflige la culture, lorsque la récolte n'a pas été favorable.

Avant d'aller plus loin, disons quelques mots de la *culture de la graine*.

Culture de la graine. — La betterave, dans nos cli-

mats, est une plante bisannuelle, c'est-à-dire qu'elle ne produit son évolution complète que dans deux ans.

La première année, elle prend son volume parfait et accumule dans son sein le maximum de matière sucrée.

Si, à ce moment, on laissait les betteraves en terre, les froids de l'hiver les gèleraient. On est donc obligé de les arracher, de choisir celles qui seront les meilleurs porte-graines et de les conserver avec soin dans des *silos* ou dans des caves.

Au printemps, on *repique* les betteraves qui sont en bon état, et leur végétation recommence. Mais tous les sucs accumulés dans leur tissu concourent alors à pousser au centre du collet une grande tige arborescente qui se couvre bientôt de boutons, de fleurs peu apparentes, et enfin de graines.

A l'automne, quand la graine est sèche et menace de tomber, on la récolte avec soin, après quoi la racine desséchée et flétrie meurt, ayant rempli sa fonction de régénération de l'espèce.

La culture des porte-graines demande des soins particuliers. D'abord, on ne doit choisir dans les champs comme plante-mère que des racines riches, dont on connaît la vitalité et la stabilité dans l'espèce, comme nous le disions précédemment.

Pour s'assurer de la richesse, on analyse chaque betterave avant de la rentrer pour l'hiver.

A cet effet, au moyen d'une sonde, on transperce de part en part chacun des sujets, et le petit cylindre prélevé par la sonde est analysé. Cette opération ne nuit

en rien à la végétation ultérieure de la racine. Toutes celles qui contiennent le maximum de sucre sont conservées et les autres sont rejetées.

Quand arrive le printemps, on choisit une terre bien riche, bien fumée, et on y repique les porte-graines en laissant un grand espace autour de chaque pied, et ce champ doit être entretenu avec le plus grand soin, et parfois même arrosé, si la sécheresse est trop grande.

Comme la culture sème 15 à 18 kilogrammes de graine par hectare de terre, que chaque porte-graine donne 300 à 500 grammes de graine, il faudra donc cultiver 40 pieds environ de porte-graines par hectare de terre que l'on veut semer l'année suivante en betterave. On peut juger ainsi de l'importance que l'on doit donner à cette culture, quand on veut faire sa graine soi-même.

Rendement. — Le rendement d'un hectare de terre en betteraves est très variable, suivant les pays, la nature des terres, et les soins qu'on donne à la culture.

Les marchands de graines promettent toujours des 30.000 et 40.000 kilogrammes de racines et même plus. Il est vrai que dans leurs champs très soignés, qui sont presque du jardinage, ils arrivent à ces rendements. Mais, dans une culture industrielle, on est quelquefois loin de compte. Ainsi en Russie, dans les magnifiques terres noires de l'Ukraine, tellement riches qu'on n'y met jamais d'engrais, on n'obtient guère que 15.000 à 20.000 kilogrammes. En Allemagne, on arrive à 25.000 kilogrammes, et en France, à 30.000, dans bien des cas. Les bonnes années, tout à fait propices, donnent

parfois 35.000, mais 40.000 est fort rare. Nous ne parlons ici que de la betterave moyennement riche, comme de la Klein-Wanzleben, car l'améliorée de Vilmorin donne encore moins. Ainsi en France, la moyenne de huit années, en betteraves à sucre riches à rendements moyens et en betteraves pauvres à gros rendements (plus de 40.000 kilogrammes) donne une quantité de 34.000 kilogrammes. C'est ce chiffre qui peut servir de base à un calcul sérieux dans le rapport d'une culture en argent et en sucre.

Pour terminer la question agricole, nous ferons remarquer que c'est le champ qui est le grand laboratoire où se fait le sucre, que les usines ne sont que les compléments de la culture dans la fabrication de la matière sucrée; que c'est donc sur la culture qu'il est le plus intéressant de porter son attention, afin de faire des betteraves riches, à jus pur et facilement travaillable. Les efforts des agronomes à faire de la betterave riche ont parfois été couronnés de succès, car on est arrivé à produire 20 pour 100 de sucre dans la racine, mais ces efforts sont paralysés par l'antagonisme du cultivateur auquel on ne peut payer la récolte de betteraves riches à petit rendement cultural un prix rémunérateur. Il semble qu'il serait facile de payer la récolte à la richesse. Malheureusement il y a un autre antagoniste avec lequel il faut compter, c'est le fisc, pour les raisons que nous expliquerons plus tard, et qui arrête le progrès dans le germe dans tous les pays du monde où les industries agricoles sont imposées.

Etant donc donnés tous ces éléments contradictoires, l'industrie sucrière se trouve forcée de se tenir dans une moyenne de qualité et de rendement cultural qui est celle que nous avons exposée ci-dessus. Reste à en tirer à l'usine le meilleur parti possible par les méthodes que nous allons faire connaître.

FABRICATION DU SUCRE

Réception des betteraves à l'usine. — Les betteraves arrivent à l'usine, soit par chariots, quand les champs sont peu éloignés, soit par bateaux, soit par chemin de fer.

Au moment de leur arrivage, on les pèse sur une bascule. Mais comme elles sont plus ou moins souillées par la boue, comme parfois même elles emportent avec elles une quantité considérable de terre, lorsque l'arrachage s'est effectué après les pluies, on fait la *tare* de ces betteraves, c'est-à-dire que l'on prend un certain nombre de racines que l'on lave et nettoie bien, et la perte de poids avant et après ce nettoyage représente le tant pour cent que l'on élimine du poids de la betterave reçue pour déterminer le poids réel sur lequel on paiera le cultivateur.

De plus, il est convenu dans les marchés avec les cultivateurs, que la betterave doit être *décolletée* jusqu'au dessous de la naissance des premières feuilles,

parce que toute la partie cônique supérieure qui porte les feuilles est peu sucrée et très chargée de sels. Le cultivateur doit donc faire couper cette tête avec les feuilles dans le champ au moment de l'arrachage. Alors en faisant la tare on complète le décolletage des racines si les arracheurs ne s'en sont pas bien acquittés.

Les betteraves qui ont servi à faire la tare servent aussi à l'analyse lorsque l'on paie le cultivateur à la richesse.

Dans nos climats, tant que les gelées ne sont pas à craindre, l'alimentation de l'usine se fait à peu près au jour le jour, les cultivateurs ne devant fournir que la quantité de racines nécessaires pour le travail de vingt-quatre heures, afin de n'avoir pas à les emmagasiner.

D'autre part, les cultivateurs disposant d'un personnel restreint pour l'arrachage et le transport, s'arrangent assez bien de cette méthode qui leur permet de conserver les betteraves aussi longtemps que possible en terre où elles conservent et gagnent même du poids, grâce à l'humidité nocturne ou aux pluies fréquentes en automne.

Mais aussitôt que les gelées et les intempéries pourraient compromettre la récolte, chacun s'empresse alors d'arracher et de conduire à l'usine, car les betteraves gelées aux champs ne sont pas reçues, parce qu'elles se détériorent vite. Alors il faut emmagasiner la betterave dans les dépendances de l'usine et dans des conditions telles qu'elles perdent le moins possible de leurs qualités.

L'emmagasinage se fait soit en tas, dans les cours, soit dans des silos.

En Russie, où les gelées arrivent vite, toutes les betteraves sont livrées dès les premiers jours de septembre et mises immédiatement en silos.

Fig. 7. — Silos.

On nomme *silos* à proprement parler, des magasins creusés en terre où l'on serre les produits des champs. En sucrerie, les silos (fig. 7) sont des tas de petite hauteur, de longueur indéfinie, couverts de paille et de terre sur une épaisseur assez considérable pour que la gelée ne pénètre pas.

En France, les silos sont peu connus. On se contente d'amonceler les racines sur une épaisseur de 2 mètres environ, en des tas immenses que l'on recouvre lors des gelées avec un peu de paille. En temps sec, lorsque les tas commencent à s'échauffer ou que l'on constate des pousses nombreuses, et enfin qu'il ne gèle pas, on retourne ces tas en les reformant par tranchées successives quelques mètres plus loin. Cet aérage arrête

l'échauffement et la pousse, mais ne peut se faire en temps humide et gélif. En sorte que ce mode d'emmagasinement est très mauvais. Seulement les sucreries n'ayant pas de dépendances suffisantes sont bien obligées d'en passer par là.

En Allemagne, en Autriche et surtout en Russie, on fait des silos. A cet effet, les betteraves sont amenées soit par voitures, soit par wagonnets dans le champ où se forment les silos.

On donne à ceux-ci 2 mètres à la base, quelquefois 3, et les racines sont accumulées au-dessus de cette base en pans inclinés à 45 degrés qui lui donnent la forme d'un toit sur une grande longueur. On a eu soin, en dessous du tas et sur toute sa longueur, de ménager un caniveau garni de bois ou de fagots, formant ainsi un canal de 50 centimètres par lequel l'air peut circuler. De place en place, tous les 10 mètres, par exemple, on fait une cheminée verticale en bois ou fagots partant du canal du bas et dépassant l'axe du silo, qui servira aussi à l'aérage. Enfin, le tout est recouvert de plusieurs épaisseurs de paille et de terre. On conçoit qu'il faille de grands espaces pour conserver ainsi toute la récolte que travaillera l'usine, soit de 20.000 à 50.000 tonnes de betteraves et quelquefois plus et que cela ne soit possible que dans les pays où le terrain n'est pas cher, comme en Russie et en Allemagne, En France, lorsqu'on est obligé de le faire, par les hivers précoces, on doit former les silos dans un champ le plus voisin de l'usine, ce qui parfois est peu pratique.

Les raisons qui obligent à tous ces soins d'emmagasinage sont que la betterave arrachée est une plante encore vivante, qui ne demande qu'à pousser des feuilles aussitôt que la température augmente, qui respire à la façon des plantes en terre, et auxquelles il faut ménager toutes les conditions de son existence, air pour la respiration, et température suffisante, assez basse pour qu'elle ne pousse pas, et cependant telle qu'elle ne gèle pas. Aussitôt que ces conditions ne sont plus observées, la betterave meurt, soit par étouffement, soit par excès d'humidité, soit par le froid, et aussitôt qu'elle meurt elle pourrit, entre en fermentation, développe une élévation de température anormale qui étouffe et tue les voisines. De sorte que dans un tas ou dans un silo, quand une betterave meurt, toutes les voisines en font autant, et la température s'élevant très sensiblement, le tas fume à cet endroit par la vapeur d'eau qui se dégage.

Aussitôt que l'on voit cette fumée blanche s'élever au-dessus du silo, immédiatement, et sans attendre, il faut le démolir à cette place pour enlever le foyer d'infection, sans quoi tout le silo serait perdu.

En Russie, les silos sont l'objet d'un soin tout particulier de jour et de nuit.

A leurs extrémités, sont ménagées des ouvertures communiquant avec le canal d'aérage qui les parcourt dans toute la longueur, et l'on bouche le côté d'où vient le vent, pour que celui-ci ne s'engouffre pas par cette ouverture. Aussi, dirige-t-on les silos de l'est à l'ouest, pour éviter les vents du nord. Des thermomètres sont

de temps en temps enfoncés sur les côtés, pour régler la température intérieure en ouvrant ou fermant les cheminées.

Les soins de la cour ne sont donc pas des moins pénibles dans tout le temps de la fabrication, et malgré ces soins, lorsqu'arrive la fin du travail, on remarque toujours que les betteraves perdent en qualité et en sucre.

Il est donc de toute nécessité de travailler rapidement. Une fabrication qui ne se termine pas à Noël s'expose à travailler des betteraves altérées en janvier, et en tout cas les rendements en sucre baissent rapidement ; cet abaissement de rendement commence en décembre, et en février les racines ne sont presque plus travaillables, même si la température n'a pas varié depuis le commencement du travail.

Une usine qui veut bien travailler ne doit donc pas forcer son alimentation au delà de ce qu'elle peut absorber avant la fin décembre, soit cent jours de fabrication au maximum.

C'est là d'ailleurs l'écueil de la fabrication du sucre qui ne peut se prolonger que cent jours, et qui oblige à avoir un immense matériel immobilisé pendant tout le reste de l'année.

Travail de la betterave

De la cour, les betteraves sont transportées à l'usine pour y être lavées, puis travaillées.

Le transport au laveur se fait de différentes manières, plus ou moins économiques, mais dont la meilleure sera assurément celle qui évitera le plus de main-d'œuvre. Le transport à la brouette n'est possible que lorsque les tas ou silos sont à pied d'œuvre. Encore doit-on dans tous les cas ramasser avec soin les betteraves pour écarter les pierres et la paille qui nuiraient au travail ultérieur. Aussi se sert-on de fourches à larges dents qui ne peuvent prendre que les racines, et même parfois, force-t-on les ouvriers à les retirer des tas à la main. C'est un surcroît de main-d'œuvre, mais on y gagne souvent de ne pas provoquer d'arrêt dans l'usine lorsque les betteraves sont très sales.

Lorsque les tas sont éloignés, on se sert de petits wagons sur rails légers, comme les chemins de fer Decauville, rails que l'on déplace facilement pour les aligner le long des silos ouverts.

Enfin dans certains cas où le dépôt est très éloigné on se sert de transporteurs à câble. Ils consistent essentiellement en un long câble sans fin en fil d'acier qui est mis en mouvement par une machine à vapeur ; ce câble est tendu entre l'usine et le dépôt, passe sur une large poulie horizontale aux deux extrémités et forme ainsi deux brins parallèles marchant en sens inverse. Des supports en forme de potence et munis de galets maintiennent le câble à une hauteur suffisante au-dessus du sol, ce qui lui permet de passer au-dessus des routes, des rivières, des montagnes et des vallées sur plusieurs kilomètres de longueur. A ce

câble on accroche des wagonnets pleins qui vont tout seuls ainsi à l'usine où on les décharge, et qui reviennent vides au dépôt en suivant le brin contraire.

Ce système est connu sous le nom de câble Hodgson et rend de grands services dans des cas particulièrement difficiles. Les transports faits ainsi coûtent relativement bon marché, mais plus cher que les transports par locomotive.

Le mode d'alimentation des laveurs le plus économique à tous les points de vue est ce que l'on nomme le transporteur hydraulique. Il consiste en un canal étroit, 50 centimètres environ, arrondi à la base, dans lequel coule rapidement un courant d'eau. Ce canal est établi sur toute la longueur de la cour de l'usine. Lorsqu'on jette des betteraves dans ce courant, comme leur densité est peu supérieure à celle de l'eau, elles sont entraînées jusqu'au bout du canal qui débouche alors dans le laveur. Il n'est pas à craindre qu'une brouettée de betterave accumulée en un point bouche l'issue de l'eau, car alors, à ce point, le niveau du liquide monte, passe par dessus les betteraves accumulées, entraîne le sommet du tas, le désagrège, et sous la poussée croissante les fait couler rapidement jusqu'au laveur.

La cour peut alors être sillonnée de semblables canaux et la main-d'œuvre se trouve ainsi fort diminuée, puisqu'il n'y a plus de transport à faire jusqu'au lavoir. Bien plus, si l'on recouvre les différents canaux de planchettes qui les ferment complètement, on peut former les tas sur le canal lui même, et, enlevant succes-

sivement les planchettes, un seul homme à chacun des tas peut suffire à les défaire d'un bout à l'autre.

Le transporteur hydraulique est donc le plus commode de tous quand on peut avoir la pente jusqu'à l'usine. L'eau qui l'alimente est celle des appareils, comme nous l'expliquerons plus loin, et qui est très largement abondante pour cet usage.

De quelque manière que la betterave arrive à l'usine elle passe d'abord dans un ou plusieurs *laveurs*, afin de s'y débarrasser de la terre qui l'entoure, et qui est parfois très difficile à enlever lorsque l'arrachage s'est fait en temps de pluie, surtout dans les terres fortes.

Les laveurs étaient constitués autrefois par des tambours en tôle (fig. 8) perforés de trous nombreux de 2 centimètres de diamètre et tournant sur un axe horizontal. Des bras placés à l'intérieur et un déversoir installé à l'extrémité opposée à l'entrée faisaient circuler la betterave d'un bout à l'autre et la rejetaient au dehors. Ce tambour plongeait à moitié dans une bâche pleine d'eau, et provoquait un barbotage puissant et suffisamment prolongé.

Aujourd'hui on a supprimé le cylindre, et l'on se contente, dans l'auge, de faire tourner des bras en bois fixés sur un axe plongeant lui-même dans l'eau (fig.9). Les bras sont disposés en hélice et font avancer les racines en les tournant et retournant jusqu'à ce qu'elles se déversent hors de la bâche serrées contre la paroi par le mouvement hélicoïdal des bras. Ces laveurs ont 1^{m},50 à 2 mètres de diamètre, jusqu'à 6 mètres de lon-

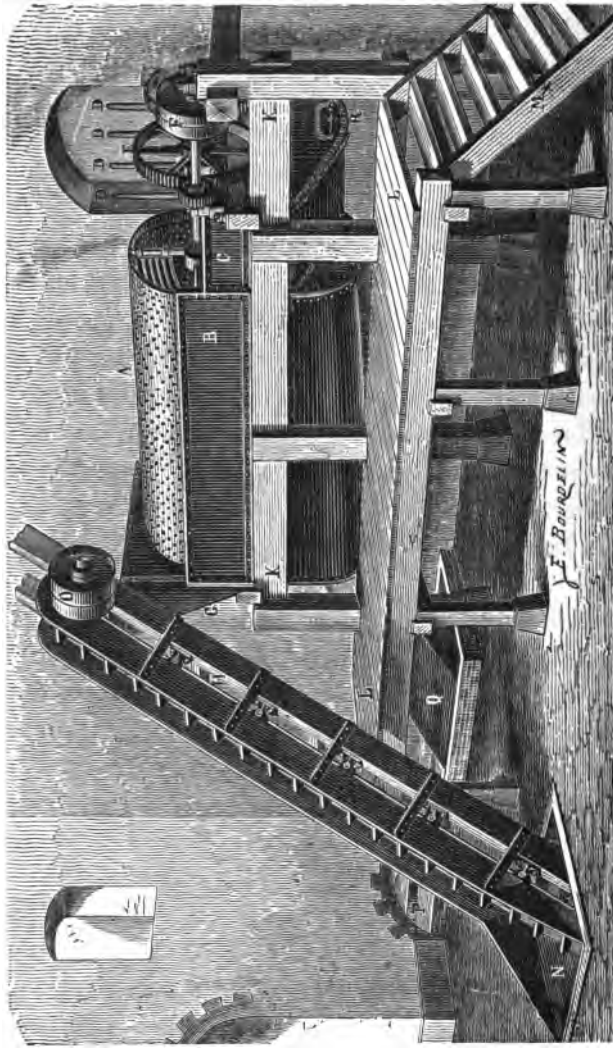


Fig. 8. — Laveur à betteraves de la Société de Fives-Lille.

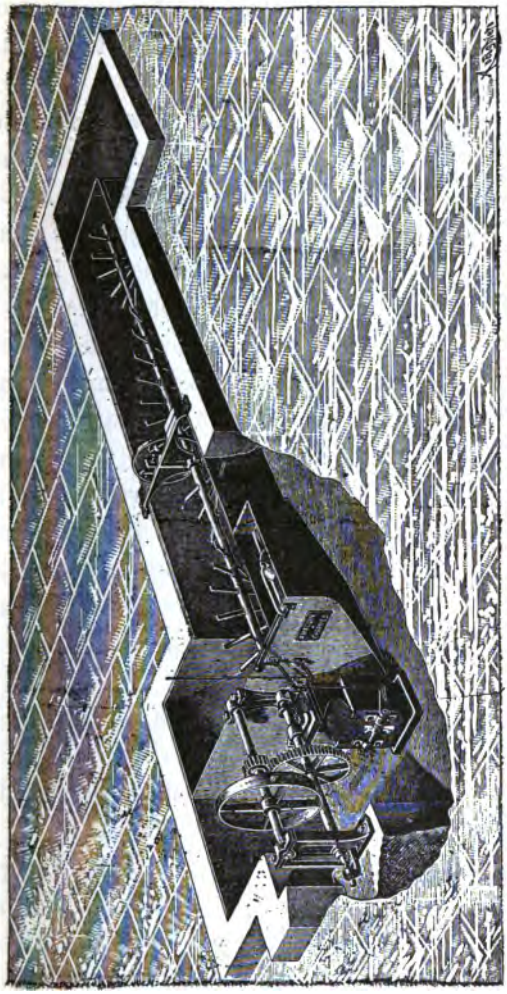


FIG. 9. — Laveur Fricourt (Maguin).

gueur. On en dispose presque toujours deux, parfois trois les uns au bout des autres, le dernier recevant de l'eau propre pour nettoyer complètement les betteraves.

Au moment de sortir du dernier laveur, elles traversent un petit laveur avec des bras en fer, à bâche profonde et où l'eau est animée d'un mouvement rapide ; on l'appelle l'*épierreur*, parce que, si quelque pierre est entrainée dans les laveurs, elle tombe dans la bâche sans que les bras puissent l'en faire sortir, car ils ne touchent pas le fond, l'eau seule soulevant la betterave à la partie supérieure. L'épierreur est indispensable surtout dans le pays où le sol est caillouteux et la terre argileuse. Il est presque inutile lorsque la betterave pousse dans un sol dénué de pierres. A remarquer sur la figure 9 le système installé en avant du laveur, sorte de porte, mue automatiquement par un engrenage, et qui se soulève alternativement et d'une hauteur réglable pour évacuer à chaque instant la vase accumulée dans le fond.

Extraction du jus. — La betterave est alors bien propre, il s'agit maintenant d'en extraire le jus sucré.

Ici se place une question d'ordre fiscal qui modifie un peu les installations dans les différents pays.

Lorsque l'impôt est payé sur le produit fabriqué, c'est-à-dire sur le sucre sortant de l'usine, la betterave est immédiatement travaillée au sortir des laveurs.

Lorsque l'impôt se prélève d'après le poids de la matière première mise en œuvre, comme en France, la

betterave, doit être pesée au sortir des laveurs par les soins de la régie avant d'être mise en œuvre.

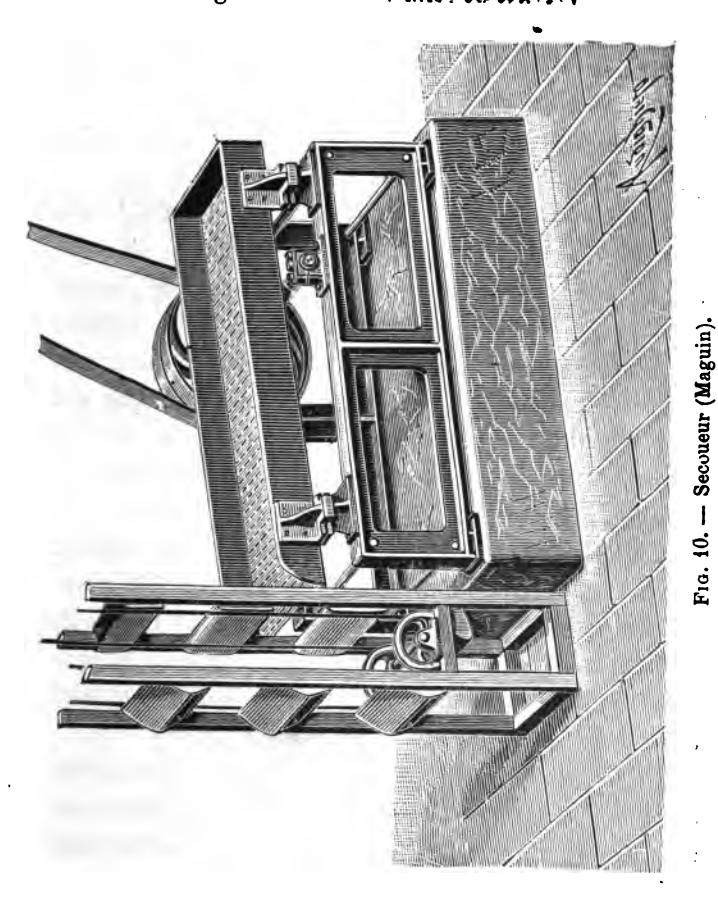


Fig. 10. — Secoueur (Maguin).

Nous considérerons donc le cas le plus compliqué, celui du pesage de la betterave par la régie, opération qui a toujours un grand avantage pour le fabricant à

être exécutée même lorsque la régie ne l'impose pas, afin de se rendre bien compte du poids de racines travaillées, pour, ensuite, établir ses rendements et s'apercevoir des pertes du travail s'il y a coulage quelque part. Aussi pèse-t-on parfois les betteraves dans les usines bien tenues où l'impôt s'effectue d'une autre manière que sur le poids de la matière première.

Avant d'être pesée, la betterave sortant humide des laveurs a besoin d'être ressuyée pour qu'on ne pèse pas trop d'eau avec, car on paierait alors l'impôt également sur l'eau. A cet effet les laveurs déversent les racines sur un *secoueur* (fig. 10). C'est une sorte de plan très légèrement incliné, formé d'une claie métallique qui laisse écouler l'eau, et animé d'un mouvement de va-et-vient donnant une secousse à chaque changement de direction en avant et en arrière. Ce secoueur qui a un mètre de large environ et 4 ou 5 mètres de long, suivant d'ailleurs l'importance de l'usine, fait avancer assez lentement la betterave jusqu'à la trémie de la balance, pour que, tournée et retournée à chaque secousse, elle arrive suffisamment ressuyée au bout de sa course.

On a essayé d'autres systèmes pour obtenir un séchage plus parfait. Ainsi l'appareil Denis-Lefèvre est composé d'un caniveau dont le fond est formé par une série de brosses tournantes, placées parallèlement l'une près de l'autre, leur axe étant perpendiculaire à celui du caniveau (fig. 11). Ces brosses, qui sont en baleine ou en piassava, entraînent les betteraves de l'une à l'autre

en les roulant dans tous les sens. On obtient ainsi un ressuyage meilleur qu'avec le secoueur, seulement l'usure des brosses exige un certain entretien racheté d'ailleurs par la moins-value d'eau qui passe à la bascule.

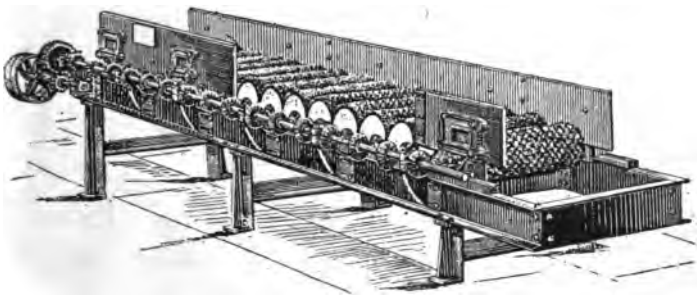


Fig. 11. — Transporteur-essuyeur (Denis-Lefèvre).

On a cherché aussi à faire passer les betteraves dans des séchoirs à air chaud. Mais on n'est pas arrivé à des résultats pratiques.

Quoi qu'il en soit, les betteraves, du sécheur, vont à la bascule.

Pour passer du transporteur aux laveurs, des laveurs aux sécheurs, du sécheur à la bascule, tous appareils qui ne peuvent être placés sur le même plancher, on se sert *d'élévateurs*.

Il y a plusieurs sortes d'élévateurs : les uns sont des courroies en chanvre ou en gutta-percha inclinées à 45 degrés, sur lesquelles sont boulonnées des palettes fig. 8) ou des augets (fig. 12). Les betteraves versées

dans une trémie au fond de laquelle commence l'élévateur sont élevées ainsi au point convenable où elles se déversen

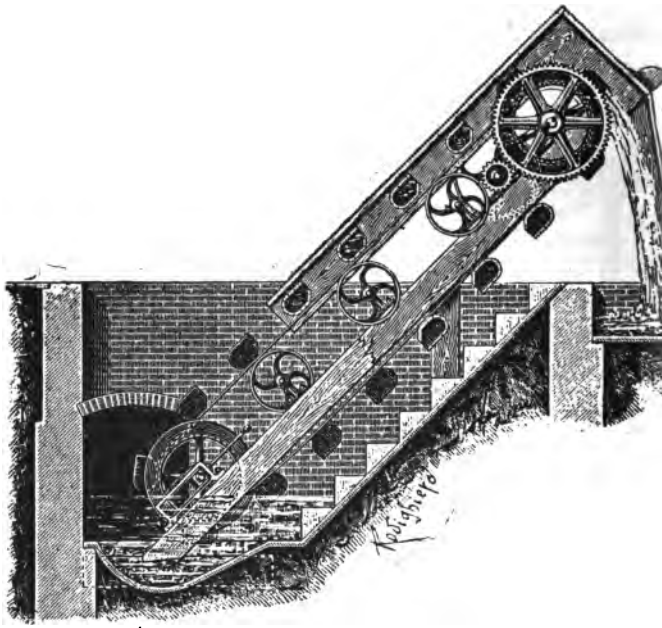


Fig. 12. — Élévateur incliné (Maguin).

Les autres sont des vis d'Archimède plongeant également dans la trémie, et tournant dans une nochère ayan la même inclinaison que l'élévateur à palette. On voi alors la betterave saisie dans les pas de la vis montei jusqu'en haut avec la plus grande facilité.

Mais ces deux élévateurs, à cause de leur inclinaisor ne peuvent avoir de grandes longueurs qui seraient

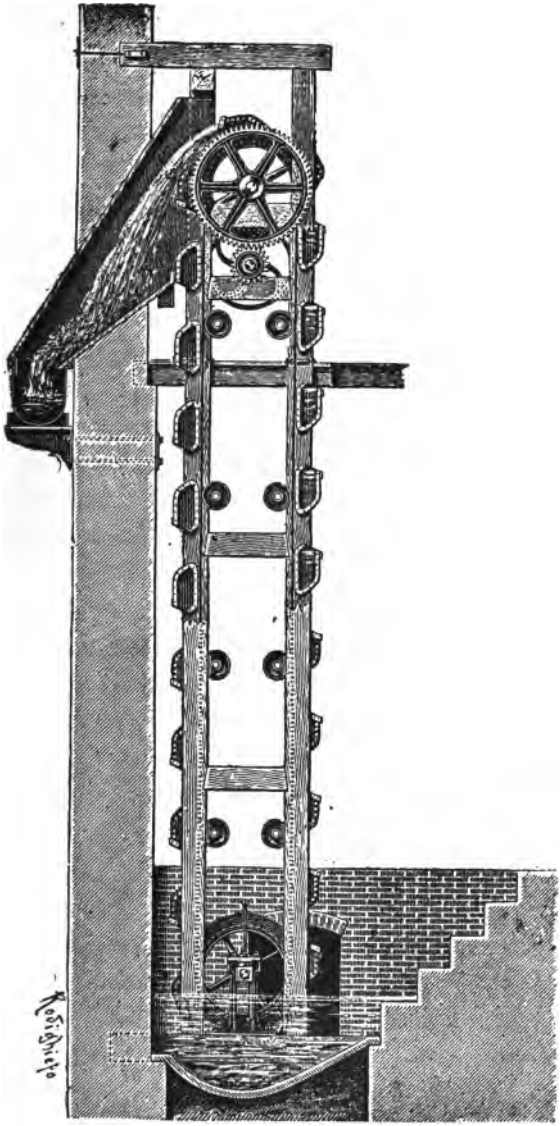


Fig. 13. — Elévateur vertical (Maguin).

encombrantes. On ne s'en sert que pour élever les racines à quelques mètres.

Lorsqu'il s'agit de les remonter jusque dans les parties hautes de l'usine où se trouve ordinairement le pesage, on fait usage d'élévateurs verticaux (fig. 13). Ceux-ci sont formés d'augets en tôle attachés de distance en distance sur deux chaînes parallèles tenant lieu de courroie. Les augets font parfois partie constituante des chaînes, retenus l'un à l'autre par des chaînons qui s'accrochent à des anneaux qu'ils portent. Enfin on a simplifié encore l'élévateur à chaîne en ne mettant plus qu'un seul chaînon entre chaque auget, ceux-ci glissant de chaque côté sur une sorte de rail en tôle vissé sur les montants de l'élévateur.

Quelle que soit la forme de l'élévateur vertical, la betterave tombe en bas directement dans les augets et se trouve ensuite déversée dans le haut sur un plan incliné qui domine la benne de pesage.

Le *pesage de la betterave* demande à être fait très exactement lorsque c'est la régie qui s'en charge, pour que ni le fisc, ni le fabricant ne se prétendent lésés dans leurs intérêts.

A cet effet, la régie a imposé une série de conditions très sévères pour la construction des bascules.

Le premier point est que l'on ne puisse vider la benne de pesage que lorsque l'employé de la régie a reconnu que le poids est exact, et ensuite que l'employé de la régie ne puisse lui-même autoriser la vidange que lorsque la balance est bien en équilibre.

Il faut ensuite que le fabricant soit dans l'impossibilité d'ajouter même une betterave lorsque la pesée est faite.

Enfin, il faut un compteur automatique pour le nombre de pesées, et un second compteur secret pour contrôler le premier.

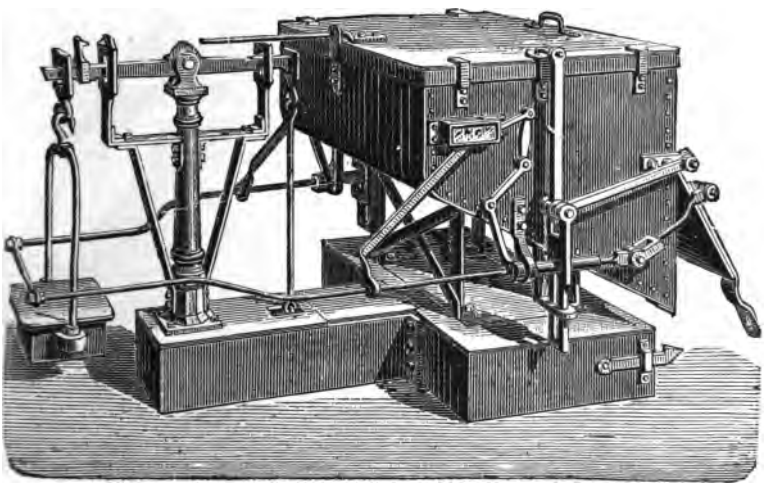


Fig. 14. — Balance L. Paupier.

Tous ces desiderata ont été résolus par de nombreux constructeurs d'une manière assez simple et à peu près identique chez tous.

Sommairement, une balance du modèle demandé par la régie se compose d'une benne à fond incliné placée sur une bascule ordinaire (fig. 14 et 15).

La benne porte au-dessus un couvercle à charnière, et en bas, sur la face verticale opposée au plan d'incli-

naison du fond une porte également à charnière, s'ouvrant de bas en haut.

Les deux portes sont rendues solidaires par un système de leviers et de cames qui ne permettent pas que l'on

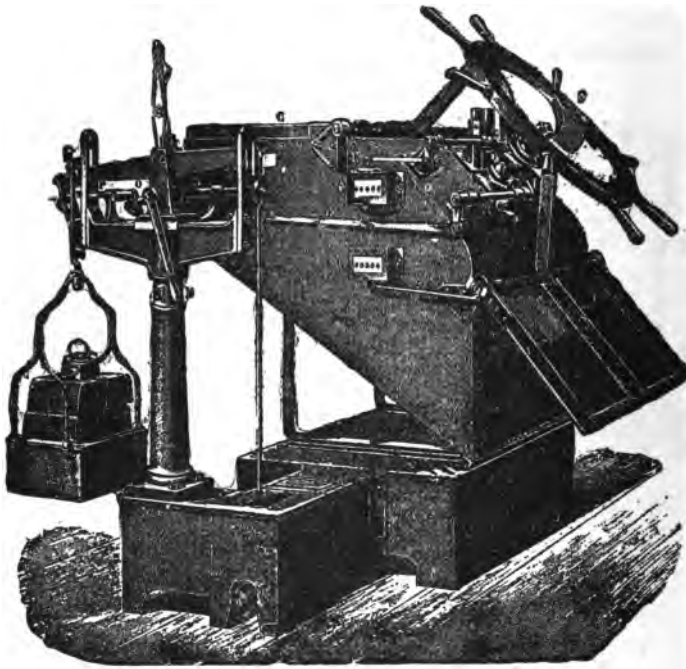


Fig. 15. — Balance Maguin.

puisse en ouvrir une sans que l'autre soit bien fermée. de sorte que, quand on soulève le couvercle, la porte du bas est verrouillée, et réciproquement on ne peut ouvrir la porte du bas que quand le couvercle du haut est verrouillé lui-même.

Grâce à cette disposition, l'emplissage et la vidange sont tout à fait séparés, et aucune betterave ne peut entrer dans la benne avant que celle-ci n'ait été vidée complètement.

D'autre part le fléau de la bascule porte lui-même un œillet destiné à recevoir lui aussi un verrou, et ce verrou qui est fixe, ne peut entrer dans l'œillet que quand celui-ci est bien en face, c'est-à-dire quand la bascule est en équilibre et qu'il y a dans la benne le poids exact de betterave représenté par les poids placés dans le plateau de la balance.

A ce moment l'employé de la régie qui tient le levier dudit verrou peut pousser celui-ci dans l'œillet ; mais le levier dans ce mouvement agit sur un autre levier qui déclenche le verrou de la porte inférieure de la benne et verrouille le couvercle du haut. En sorte que, tant que la balance n'est pas en équilibre la porte du bas est impossible à ouvrir, et ce n'est que quand l'employé de la régie est parvenu à fixer son fléau en équilibre, qu'il est possible de vider la benne. Celle-ci vidè, l'employé de la régie ramène son levier en place, fixe dès lors la porte du bas et permet l'ouverture de celle du haut.

Enfin, toutes les fois que l'employé pousse son levier, ce mouvement fait mouvoir un compteur. Toutes les fois qu'on ouvre la porte du bas, ce mouvement fait mouvoir un second compteur. Toutes les fois que le vérificateur passe, les deux compteurs doivent être en correspondance exacte, à moins d'une fausse manœuvre relatée sur les livres.

Ces systèmes de balance marchent bien et offrent peu de causes de troubles entre la régie et le fabricant. Néanmoins, comme c'est assez compliqué, si quelque chose se dérange c'est un arrêt regrettable pour l'usine. Mais il faut bien en passer par là, puisque l'impôt doit être perçu, et que l'impôt sur la betterave est le plus équitable de tous comme nous le verrons plus tard.

En Allemagne, le système de l'impôt sur la betterave était autrefois établi également. Les balances étaient beaucoup plus simples, et le contrôle n'y existait pas aussi strict que chez nous.

Dans certaines usines où la pesée était établie avant 1884, époque où la loi est entrée en vigueur, on a respecté et régularisé ce qui existait. On trouve ainsi la pesée sur wagonnets roulants (fig. 16), ceux-ci étant astreints à entrer dans une cage complètement close avant d'être pesés.

Extraction du jus par pression. — Nous ne parlerons que pour mémoire du système de l'extraction du jus par pression, parce qu'il ne se rencontre plus nulle part.

Les betteraves lavées arrivaient dans une trémie surmontant une *râpe*, et la râpure produite était pressée soit sous des *presses hydrauliques*, soit dans des *presses continues*.

La râpe se compose de deux disques en fonte de 65 centimètres environ de diamètre, portés sur un même axe. Des rainures pratiquées dans la face interne de ces disques, qui sont écartés de 60 centimètres, permettent d'y introduire des lames en bois, et, entre cha-

cune, une lame d'acier doux, taillée en forme de scie. L'ensemble de ces lames de bois et des lames de scie allant de l'un à l'autre disque forme un tambour contre lequel

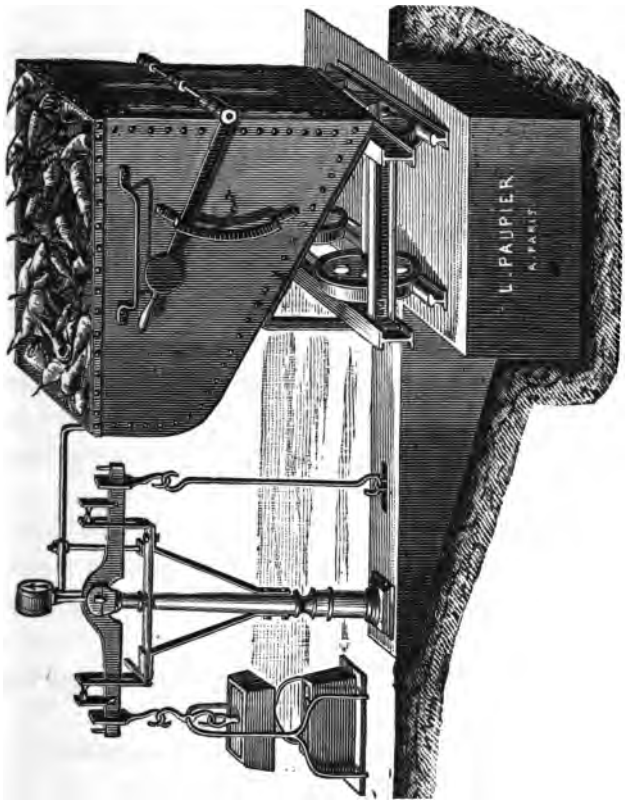


Fig. 16. — Balance L. Paupier, sur wagonnet.

on presse les betteraves. Ce tambour placé horizontalement dans un fort bâti est appelé *cylindre dévorateur* et tourne à la vitesse de 800 à 1000 tours par minute.

Sur le même axe on peut disposer trois ou quatre

disques et former ainsi des cylindres à deux ou trois travées, suivant la quantité de racines que l'on veut râper.

En arrière du cylindre se trouve une trémie dans laquelle tombe la betterave. Celle-ci est pressée contre la denture du cylindre par une série de poussoirs ou *sabots* mus au moyen d'excentriques entraînés par la transmission générale. Les excentriques sont disposés de telle sorte que les sabots travaillent tous alternativement, de manière que la pression soit constante sur le tambour. Enfin un jet d'eau mouille sans cesse la partie supérieure du cylindre. L'*eau à la râpe*, suivant l'expression technique, a l'avantage de détacher facilement la râpure des dents de scie qu'elle entretient toujours propres, et de rendre la masse de râpure moins épaisse et plus facile à presser, enfin de faire dans la râpure une sorte de diffusion qui fait qu'après la pression il reste moins de sucre dans la *pulpe*.

On conçoit qu'en variant les dimensions et la forme des dents de scie, on obtienne une râpure plus ou moins fine, suivant les besoins de l'extraction et la nature de la betterave.

Telle est en quelques mots la *râpe à sabots* qui fut pendant longtemps la seule employée en sucrerie.

La *râpe Champonnois* (fig. 17) diffère complètement de la précédente, et a eu ses applications aussi. Elle est formée de deux disques, comme la précédente, mais qui sont fixes sur un bâti solide. Les lames de scie sont emmanchées de même manière, mais la denture est *interne*, c'est-à-dire à l'intérieur du cylindre.

La betterave arrive dans le cylindre au moyen d'une trémie placée dans l'axe d'un des disques, et elle est poussée contre les dents par la force centrifuge. A cet effet, deux bras en fonte, fixés sur un axe horizontal

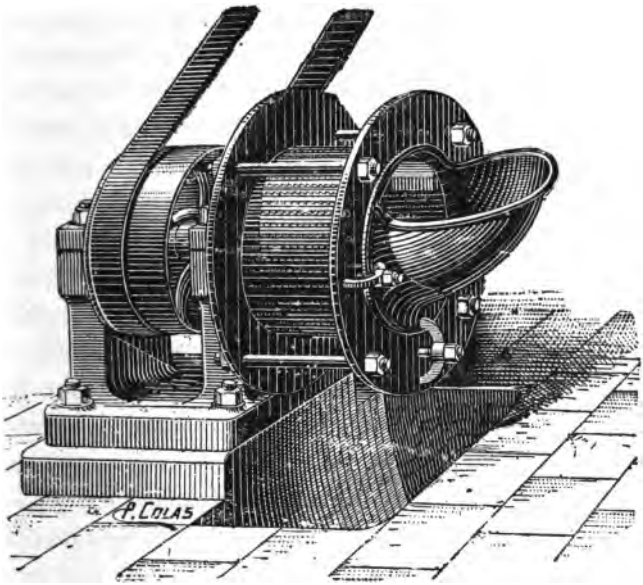


FIG. 17 — Râpe Champonnois.

tournent avec une vitesse de 800 tours dans le cylindre, saisissent la betterave au fur et à mesure qu'elle tombe dans la râpe, et là forcent à s'appuyer contre la paroi dentée où elle se déchiquette dans son mouvement rapide de translation. La râpure sort par des intervalles laissés de temps à autre entre les lames de bois qui retiennent les lames de scie.

Dans le système des *presses hydrauliques*, le pressin recueilli au sortir des râpes tombe dans une bâche dans laquelle le puisent des *pelleteurs automatiques*, espèces de grandes cuillers qui plongent dans la masse, remontent pleines, basculent pour se vider, et replongent dans la bâche pour recommencer le même mouvement provoqué par la force motrice générale de l'atelier des presses. En face de chaque pelleteur se trouve un ouvrier qui tient en main un sac de laine ouvert et le présente devant la cuiller au moment où celle-ci se déverse. Aussitôt fait, il repasse son sac à un autre ouvrier, et prend un nouveau sac préparé près de lui, pour recevoir la pelletée qui va venir. Pendant ce temps, le sac plein est déposé sur le tas des sacs remplis précédemment, en ayant soin de le mettre à plat, de replier en dessus les bords de l'ouverture et de niveler le pressin dans le sac. Enfin, un autre ouvrier place sur chaque sac ainsi préparé une claie en fers plats sur laquelle sera déposé le sac suivant. Tout cela est fait avec une grande rapidité, de telle sorte qu'aucune pelletée ne manque, ce à quoi les ouvriers tiennent beaucoup, car on les paie à la tâche. La pile de sacs est formée sur une table en fonte qui sert de support à une *presse préparatoire*. Cette presse est à vis, mue automatiquement, et sa pression extrait environ moitié du jus contenu dans la pulpe, de manière que, le tas étant réduit à moins de hauteur, on puisse placer plus de sacs sous la presse hydraulique. La table en fonte a trois fois la longueur nécessaire pour supporter la pile. Alors, aussitôt la pile formée, deux

ouvriers la font glisser sous la presse qui tient le milieu de la table. La pression faite, les deux ouvriers tirent encore à eux la pile qu'ils placent sur le bout de la table inoccupé, ramènent sous la presse une pile nouvelle formée pendant le temps que fonctionnait la presse, et les ouvriers pelleteurs refont encore le même travail sur l'extrémité de la table que l'on vient de débarrasser, de sorte qu'en pleine pression il y a trois piles de sacs sur la table, une en formation, une en pression, une terminée.

La pile terminée est aussitôt démontée par un ouvrier qui saisit les sacs l'un après l'autre avec leur claie en fer, sans les déformer, et les place sous la presse hydraulique. Il faut deux piles de sacs de la presse préparatoire pour former le chargement de la presse hydraulique. Le chargement une fois terminé, on met la presse en marche, et l'on passe à une autre presse hydraulique, car une presse préparatoire dessert quatre presses hydrauliques.

La pression terminée, deux hommes démontent le chargement de la presse, l'un qui enlève les claies et l'autre les sacs. Les claies sont jetées sur le tas des claies en service ou envoyées au nettoyage. Les sacs sont enlevés avec des wagonnets et portés au magasin à pulpe, où des femmes les vident, puis les reportent auprès des presses. Chaque douze heures on les lave et les raccommode s'ils en ont besoin.

Enfin les pulpes sont mises en voitures ou wagons pour servir à l'alimentation des bestiaux.

Tel est l'ensemble de ce travail très complexe, qui demande une quantité d'ouvriers et d'ouvrières, et que l'on a cherché à simplifier par les presses continues. Si ce travail est complexe et a disparu à cause de cela, il n'en était pas moins très pittoresque. Rien n'était entraînant comme de voir le travail des presses, où les ouvriers, actifs et rapides dans leurs mouvements, s'accompagnaient de chants pour cadenser mieux leur travail. Quand la besogne languissait, il suffisait d'entonner leur refrain pour les faire repartir de plus belle. Mais cet atelier était toujours sale et humide ; les ouvriers avaient littéralement les pieds dans le jus, et quoique celui-ci fût recueilli dans des rigoles, les pertes par les presses hydrauliques n'en étaient pas moins considérables. Ce fut donc avec plaisir que les fabricants virent venir les presses continues qui supprimaient les causes de perte, et aussi les ouvriers qui, parfois étaient fort difficiles à conduire.

Avant d'aller plus loin, donnons quelques chiffres à propos du travail des presses hydrauliques.

Le *pelleteur* automatique prenait 5 ou 6 kilogrammes de pressin, et donnait 18 à 20 coups par minutes. Sur la presse préparatoire on mettait 25 sacs, soit 50 sacs sous la presse hydraulique. Cette presse préparatoire suffisait pour 50.000 kilogrammes de betteraves par jour. Il en fallait donc deux pour 100.000 kilogrammes, travail le plus ordinaire des sucreries autrefois. Quelques sucreries avaient trois tables préparatoires.

Toutes les presses hydrauliques, rangées autour des

tables, étaient mises en mouvement par un buffet de pompes actionnées toutes par le même arbre. Ces pompes offraient quelques détails de construction assez intéressants. Le piston était double, un gros et un petit. Tant que la presse hydraulique n'était pas arrivée à effectuer une certaine pression, c'est-à-dire pendant le temps d'ascension du plateau et le commencement de la pression, les deux pistons fonctionnaient, de manière que le travail se fît rapidement. Mais aussitôt que la pression arrivait plus considérable, la petite pompe seule donnait jusqu'à ce que l'on parvienne à la pression maxima désirée, soit 80.000 kilogrammes. A ce moment une soupape de décharge se soulevait pour que cette pression ne soit pas dépassée.

Pour décharger la presse, il suffisait d'ouvrir un robinet près des pompes, et la pression cessant, le plateau et les sacs descendaient à leur position primitive. Un seul homme dirigeait ainsi toutes les presses hydrauliques.

Le temps de pression durait dix minutes, le chargement, le pressage et le déchargement vingt minutes.

Le personnel nécessaire pour deux tables préparatoires et leurs presses était d'environ quarante personnes, y compris le travail des sacs.

Les *presses continues* sont de deux espèces. Les premières reçoivent le pressin sur une toile filtrante qui l'entraîne sous des laminoirs, de telle sorte que le jus traverse la toile et la pulpe reste sur la toile d'où un racloir l'enlève. Les secondes sont des laminoirs dont

les rouleaux sont perméables pour le jus qui les traverse, tandis que la pulpe est rejetée au dehors.

Les presses continues sont d'invention fort ancienne, car, dès 1836, Pecqueur, s'inspirant des moulins à canne, crut pouvoir travailler les betteraves de la même manière. Mais les difficultés étaient si grandes qu'on dut y renoncer. Ce n'est que beaucoup plus tard, vers 1865, que les premières presses continues vraiment pratiques firent leur entrée en sucrerie.

La première fut la presse Poizot. Telle qu'elle fonctionnait en dernier lieu, après maintes améliorations, elle se composait de deux cylindres parallèles garnis de caoutchouc dont les axes horizontaux étaient montés sur un bâti et se trouvaient dans un plan incliné à 45 degrés environ. Entre ces cylindres passait une toile sans fin en laine qui les enveloppait sur un quart environ de leur surface, et était tendue par des rouleaux, de telle sorte que, lorsque les cylindres tournaient, la toile fût entraînée dans leur mouvement.

Le pressin tombait dans une trémie de la longueur des cylindres, soit $1^{m},50$ à 2 mètres environ, s'engageait entre la toile et le premier cylindre et la tension de la toile, jointe à celle de quelques petits rouleaux placés en dessous, donnait une première extraction lente du jus, environ 50 pour 100, réalisant l'effet d'une presse préparatoire. Le pressin, ne craignant plus alors qu'une pression énergique le rejetât liquide hors de son parcours normal, s'engageait entre les cylindres fortement

serrés l'un contre l'autre, et rejetait les dernières quantités de jus que le système pût en retirer.

Le jus extrait sous le premier cylindre et par la pression finale tombait dans une bâche placée en dessous, tandis que la pulpe continuait son chemin sur la toile dont elle se détachait sous l'action d'un battage mécanique qui secouait fortement cette toile afin que cette même pulpe ne pût revenir sous la trémie de chargement.

La presse Poizot réalisait une grande économie sur les presses hydrauliques. En effet, on put avec avantage établir le système de double pression aux pulpes qui en sortaient, ce système consistant à mouiller de nouveau la pulpe avec de l'eau et la faisant passer dans une nouvelle presse Poizot desservant plusieurs autres. Le jus extrait ainsi était pauvre et était envoyé à la place d'eau pure à la râpe. Le pressin était ainsi fortement dessucré, car on ne laissait plus ainsi dans la pulpe que 3,42 de sucre pour 100, tandis que les presses hydrauliques abandonnaient des pulpes à 5 pour 100. C'était un grand progrès alors, quoiqu'il soit loin encore de ce que l'on obtient aujourd'hui par la diffusion.

Une autre presse continue, très intéressante, à toile comme la précédente, était la presse *Manuel et Socin*. Celle-ci se composait de cinq paires de rouleaux dans le même plan horizontal, entre lesquels passait une toile continue. L'écartement de chaque paire de rouleaux allait en diminuant jusqu'au serrage parfait. Mais ce qui rendait le système avantageux, c'est

que l'on faisait couler de l'eau en pluie sur la pulpe entre les derniers rouleaux, faisant ainsi de la double et de la triple pression et dessucrant fortement le pressin. Les différents liquides étaient séparés et le plus pauvre envoyé à la râpe. Malgré ces avantages la presse Manuel et Socin eut peu d'applications.

La première presse continue à parois filtrantes qui ait donné des résultats sérieux est la presse *Champonnois*, qui eut un grand retentissement dans le monde sucrier (fig. 18).

La presse Champonnois se composait de deux cylindres dont les axes étaient parallèles, inclinés à 45 degrés et serrés l'un contre l'autre. Ces cylindres tournaient en sens inverse comme font les laminoirs, et étaient placés dans une auge en fonte faisant joint étanche avec eux, et laissant émerger à peu près le tiers la surface supérieure des cylindres. Une pompe envoyait sous la pression d'une ou deux atmosphères le pressin dans l'auge. Le jus traversait les cylindres dont la surface était perméable, comme nous allons l'expliquer, tandis que la pulpe se laminait entre eux, sortait pressée et tombait en dehors, à cause de leur position inclinée.

Comme avec les autres presses continues, on était obligé de faire une seconde pression.

La surface filtrante des cylindres était obtenue de la manière suivante. Ces cylindres étaient composés d'une armature en fonte sur laquelle s'enroulait un fil de bronze à section triangulaire, de telle sorte

que l'une des faces soit en dehors. On avait donc ainsi une surface de bronze formée d'une hélice dont les éléments étaient très rapprochés.

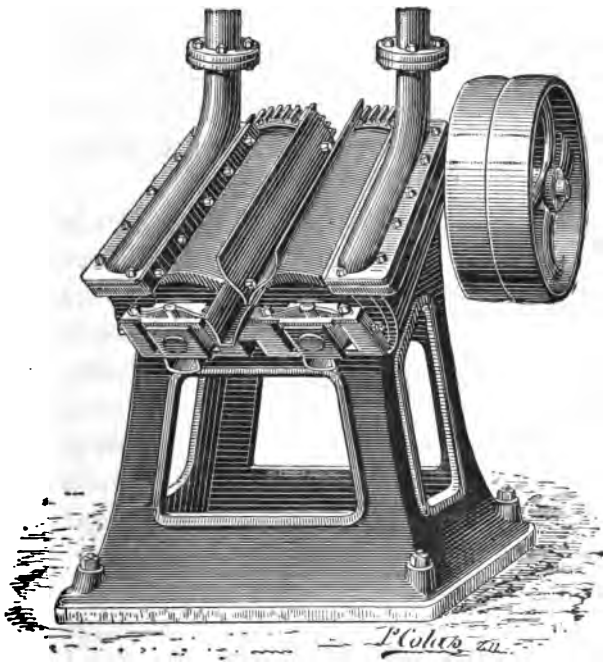


Fig. 18. — Presse Champonnois.

L'écartement du fil était réglé par des encoches ménagées dans l'armature en fonte, et la combinaison fut si bien comprise, que les lumières laissées entre les spires étaient parfaitement régulières, d'un dixième de millimètre ou deux, et qu'aucune déformation ne se produisait pendant le laminage.

Cette surface filtrante avait l'avantage d'être très compacte et de laisser beaucoup de place au jus pour s'écouler immédiatement à la sortie de la lumière, à cause de la forme triangulaire du fil enroulé qui faisait ainsi un espace allant immédiatement en s'élargissant.

Enfin, la nature métallique de la suface permettait la répression des pulpes à chaud, d'où épuisement meilleur qu'avec les presses à toiles qui opéraient forcément toujours à froid.

Mais cette construction, fort bien réussie par la maison Cail, coûtait fort cher. Aussi, d'autres presses surgirent presque aussitôt. Telles furent la presse *Collette* dont la surface était en tôle de cuivre perforée, agencée très ingénieusement; la presse *Lebée*, dans laquelle la surface filtrante était composée d'éléments en bronze ajustés les uns auprès des autres et ayant le même profil filtrant que la presse Champonnois; la presse *Dujardin* à tôle perforée de trous s'évasant en dedans, etc.

D'autres presses naquirent aussi sur d'autres principes. Ainsi la presse *Piéron* se composait d'un cylindre à parois perforées dans lequel se mouvait une hélice qui refoulait la pulpe, de manière à ce qu'elle traversât une porte fermée par un volet à ouverture variable; la presse *Cuvelier* dans laquelle la pulpe s'écrasait sur une surface filtrante plane par l'effort d'une came rotative.

Enfin la presse continue donna le jour à une foule d'inventions, tournant toutes d'ailleurs dans le même cercle, toutes plus ingénieuses les unes que les autres.

Mais toutes ces presses à surfaces métalliques avaient un défaut commun. De la pulpe très fine, dite pulpe folle, traversait continuellement les lumières. Or les pulpes folles sont un obstacle immense au bon travail des jus ; il fallait coûte que coûte s'en débarrasser.

Alors on imagina une foule de dépulpeurs. Les uns, comme les appareils de Loynes et Mesnard, filtraient les jus du dehors au dedans des cylindres ou cônes rotatifs entourés de tôles finement perforées. Les autres, dépul - peur Mariolle entre autres, faisaient passer les jus du dedans au dehors. M. Champonnois employait de simples tamis tournants ressemblant à des bluteries de moulin.

On voit combien les presses continues firent travailler les inventeurs. Mais leur existence fut de courte durée. La diffusion qui avait fait déjà son apparition en Autriche devait bientôt les détrôner, au point qu'aujourd'hui presses hydrauliques et continues ne sont plus qu'un souvenir sur lequel nous devions bien cependant nous arrêter un peu pour faire connaître toute l'évolution de l'industrie sucrière, quoiqu'elles soient complètement abandonnées aujourd'hui.

Extraction du jus par diffusion. — L'un des créateurs de la Sucrerie, de Dombasle, avait imaginé, vers 1830, d'extraire le jus de la betterave par *macération*. Les racines étaient coupées en tranches minces, mises dans des tonneaux organisés en batterie, le jus de l'un se rendant sur l'autre. Le premier en ligne recevait de l'eau, et le dernier donnait un jus fort que l'on envoyait au travail. L'eau était chaude, le jus réchauffé

sur son parcours et l'on extrayait ainsi le maximum de sucre possible, les tranches épuisées ne contenant presque plus de sucre.

Ce système de *macération* de la betterave par l'eau chaude dut être abandonné, parce que le jus que l'on obtenait ne pouvait pas être travaillé par les méthodes usitées alors avec le jus des presses, et parce que les tranches épuisées étaient tellement humides qu'il était impossible de les donner à manger aux bestiaux.

Or, en 1849, M. Rousseau fit faire un grand progrès à la sucrerie en indiquant un procédé pratique de travail du jus de betterave qui permettait de traiter ce jus quelle que fût sa nature, et, en 1859, MM. Périer et Possoz complétèrent le procédé Rousseau, et leur système prit le nom de *double carbonatation*. Vers la même époque Jelinek, en Autriche, faisait adopter un procédé presque identique de travail des jus.

Grâce au progrès réalisé ainsi, les jus de macération de de Dombasle pouvaient être travaillés ; aussi, vers 1860, ce procédé revit-il le jour sous l'impulsion énergique de Robert, fabricant de sucre à Séelowitz (Autriche), qui, de l'appareil rudimentaire de de Dombasle, fit un système tout à fait industriel qui prit le nom de *diffusion*.

La diffusion n'a donc pu voir le jour que par suite de l'amélioration dans les méthodes de travail. Nous verrons plus loin que les méthodes de travail elles-mêmes n'ont pu recevoir ce perfectionnement que par suite de l'invention de machines nouvelles. Aussi peut-

on dire que la plupart des innovations en sucrerie se tiennent par un lien commun. Comme dans cette industrie des chimistes de grande valeur, des ingénieurs et des fabricants de haut mérite ont expérimenté tout ce que leur esprit fertile pouvait leur suggérer, il est rare de trouver aujourd'hui une nouveauté réelle dans les inventions récentes. Mais ces inventions, jadis impraticables, ne sont devenues viables qu'à cause des immenses progrès de la mécanique, qu'à cause de la perfection du matériel. Néanmoins, chaque invention qui voit le jour porte son cachet de nouveauté indiscutable à cause même des progrès d'où elle découle, quoique ce soit du vieux neuf. C'est ainsi qu'est née et s'est développée la diffusion de nos jours après trente ans d'oubli, c'est ainsi également que nous verrons la carbonatation renaître après l'invention des filtres-presses, vingt-cinq ans après que Kuhlmann en ait eu le premier l'idée, et le procédé Steffen de clairçage des cuites, soixante ans au moins après les *tigres* américains. Si nos pères avaient su tout ce que nous savons aujourd'hui, il est évident que nous n'aurions plus rien à inventer, et qui sait ce que nos fils tireront de nos travaux modernes souvent sans portée pratique? Heureux ceux qui savent profiter de la science de leurs prédécesseurs! Ils sont peu nombreux; mais les jaloux incapables, spoliateurs et processifs sont légion! C'est ce qui explique les nombreux procès en nullité de brevet qui ont arrêté quelque peu l'invention de nos jours; car pourquoi travailler, si les lois protègent insuffisamment ceux qui dépensent leur

intelligence et leur argent pour le progrès? Il y a eu procès pour la diffusion, procès pour la carbonatation, procès pour les filtres-presses, procès pour l'évaporation, procès pour tout! C'est de l'histoire et ce n'est pas inutile de faire connaître en passant, dans un exposé comme celui-ci, les difficultés de la genèse sucrière; peut-être nos successeurs seront-ils plus heureux!

Après cette digression philosophique, passons à l'étude de la diffusion.

Le principe fondamental de la diffusion est celui-ci. Lorsqu'une tranche mince de betterave, coupée bien nettement, se trouve au contact de l'eau, il se fait, entre le jus sucré que contiennent ces cellules et l'eau qui les mouille, un échange de liquide suivant les lois de l'osmose.

L'osmose est un travail physique qui se passe entre deux liquides séparés par une membrane perméable. Une membrane peut être perméable au phénomène osmotique, sans être filtrante, il ne faut pas confondre les deux opérations; de même qu'une membrane peut être perméable pour les gaz, chez lesquels l'osmose se passe aussi bien que pour les liquides, sans l'être pour ces derniers. Ainsi le caoutchouc est perméable aux gaz sans l'être pour les liquides; exemple : l'enveloppe des ballons d'enfant. Le papier-parchemin est perméable pour les liquides et cependant n'est pas filtrant. Il en est de même de la tunique des cellules qui est essentiellement favorable à l'osmose, car l'osmose est une des bases de la vie des plantes.

Lors donc que deux liquides de densités différentes se trouvent séparés par une membrane perméable, il y a passage des deux liquides à travers la membrane, en sens inverse, et la vitesse du passage est inversement proportionnelle à la densité du liquide, c'est-à-dire que le liquide le moins dense passe le moins vite.

Si l'un des liquides contient du sucre en dissolution, cette eau sucrée passe donc à travers la membrane dans un sens, tandis que l'eau pure passe en sens inverse beaucoup plus vite que l'eau sucrée. Il en résulte que, du côté de l'eau sucrée, la quantité de liquide augmente, tandis que du côté de l'eau pure le niveau baisse, puisque l'eau pure passe plus vite de l'autre côté que l'eau sucrée.

Il en résulte aussi que l'eau sucrée contient de moins en moins de sucre, et le phénomène s'arrête évidemment lorsque la quantité de sucre est la même de chaque côté de la membrane.

Si donc à ce moment on change l'eau devenue sucrée pour de l'eau pure, l'osmose recommence, et en renouvelant l'eau indéfiniment, on finirait par dessucrer complètement le liquide primitif.

Ce que nous venons de dire pour le sucre, on peut le répéter pour les matières salines, c'est-à-dire pour toutes les matières qui *cristallisent*. Au contraire les matières comme l'albumine, la gélatine, la *colle*, qui sont incapables de cristalliser, ne sont pas susceptibles de passer à travers les membranes, ou plutôt, possèdent cette propriété à un très faible degré.

On a appelé *cristalloïdes* les premières, *colloïdes* les secondes. Cette dénomination n'est pas tout à fait rigoureuse, car les cristalloïdes passent à travers les membranes avec des vitesses variables, et les colloïdes ne sont pas tout à fait exempts de cette propriété. Il faut dire plutôt qu'il y a une échelle dans la propriété osmotique des corps solubles dont certains corps cristallins tiennent la tête, et certains corps amorphes occupent la queue.

On a nommé *endosmose* le mouvement des liquides légers vers les liquides lourds à travers une membrane, et *exosmose* le mouvement des liquides lourds vers les liquides légers.

Ce court exposé du phénomène osmotique était nécessaire pour faire connaître ce qui se passe pendant la diffusion, et décrire l'appareil lui-même.

Une *batterie de diffusion* (fig. 19 et 24) se compose essentiellement d'une série de huit à quatorze vases cylindriques, appelés diffuseurs, placés au bout les uns des autres, et communiquant ensemble par une tuyauterie telle que le jus sortant par le bas de l'un, pénètre dans le suivant en passant par le haut. Un jeu de robinets permet de renverser le courant de haut en bas au lieu d'aller de bas en haut. Enfin, sur le parcours d'un diffuseur à l'autre, un réchauffeur à vapeur, appelé *calorisateur*, donne la possibilité d'entretenir le liquide toujours chaud. Des robinets sont aussi disposés pour envoyer de l'eau au lieu de jus dans chaque diffuseur. Il y a encore un robinet pour écouler dehors le liquide

après épuisement. Les diffuseurs ont une porte par en

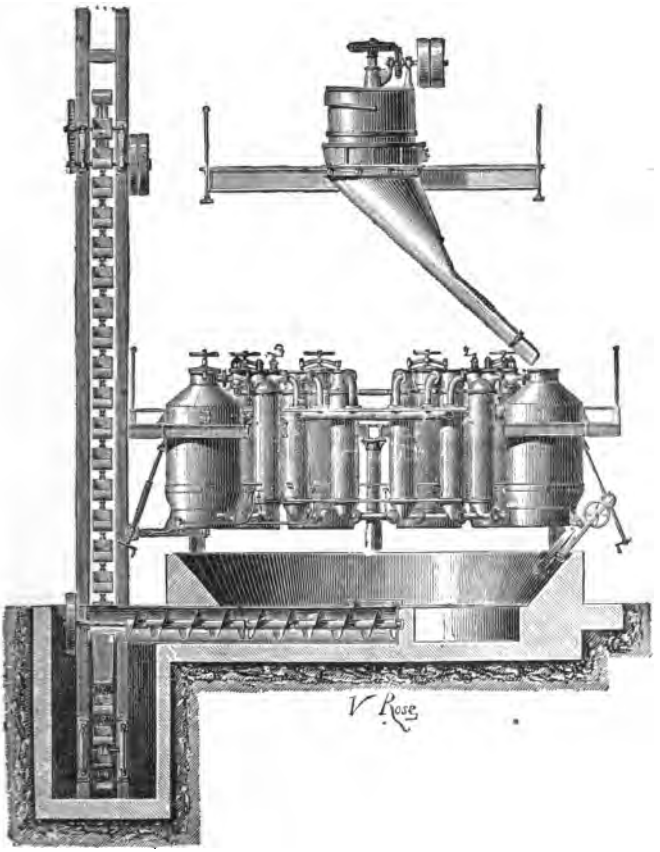


Fig. 19. — Batterie de diffusion circulaire (Cail).

haut pour l'emplissage et une porte par en bas pour la vidange des lamelles.

Les lamelles de betteraves portent le nom de *cossettes*.

Supposons tous les diffuseurs pleins de cossettes fraîches. Il reste encore assez de place entre les cossettes pour que l'on puisse faire entrer dans le diffuseur un poids d'eau à peu près égal au poids de la cossette.

Donc, si nous chargeons d'eau le premier diffuseur, il va se faire dans les cellules de la betterave un travail d'osmose qui fera passer dans cette eau une partie du sucre qu'elles contiennent. On n'attend pas que l'équilibre de densité soit établi entre l'eau sucrée des cellules et l'eau sucrée extérieure, car cela serait fort long ; néanmoins la différence entre la densité des deux liquides n'est pas très grande après quelques minutes de contact. L'on envoie cette eau telle quelle sur le diffuseur suivant, en la réchauffant sur son parcours. Cette eau sucrée se trouve donc en contact avec de nouvelles cossettes fraîches dont le jus est à une densité beaucoup plus élevée que la sienne, et elle se charge de nouveau de sucre, jusqu'à ce que les deux densités se rapprochent. Ce liquide sucré, on le fait passer encore une fois sur un nouveau diffuseur ; le même phénomène se produit, et on fait la même opération jusqu'à ce que la densité du liquide soit légèrement inférieure à celle du jus contenu dans les cellules, car, à ce moment, le travail osmotique est presque nul.

Supposons que c'est au sixième diffuseur que l'on s'arrête de faire passer le liquide, lequel s'en va dès lors à la fabrique.

Ce liquide ou *jus de diffusion* s'est donc chargé d'assez de sucre pour que sa densité soit sensiblement la même que celle du jus primitif de la betterave. Il contient aussi les sels de la betterave qui ont passé à travers l'enveloppe de la cellule en même temps que le sucre. Mais il ne contient que très peu de matières *colloïdes*, soit d'albumine végétale, pectine etc. Donc le jus de diffusion est plus pur que le jus de la betterave, par conséquent que le jus des presses hydrauliques et continues, ce dernier jus provenant du déchirement parfait des cellules par les dents de la râpe.

C'est donc déjà un premier fait à constater que la diffusion a un grand avantage sur la râpe au point de vue de la pureté des liquides sucrés que l'on en obtient.

Revenons à notre batterie de diffusion que nous avons laissée dans l'état suivant : Le premier de ces diffuseurs contient de la betterave à moitié épuisée, le second au quart, le troisième au huitième de son épuisement.

Si nous employons maintenant de l'eau pure sur le premier, et faisons circuler cette eau dans les suivants de la même manière, le premier sera épuisé aux trois quarts, le second à moitié, etc., et nous devrons alors nous arrêter au septième diffuseur pour avoir un jus aussi dense que la première fois.

Si nous continuons à envoyer encore une fois de l'eau sur le premier diffuseur, il sera, après cela, épuisé aux 7/8 et c'est le jus provenant du huitième diffuseur que nous enverrons à l'usine, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on soit arrivé au dernier.

On conçoit que ces opérations successives on puisse les faire simultanément, de manière que les diffuseurs soient continuellement remplis de liquide. C'est d'ailleurs ainsi qu'on opère, et c'est le jus de l'un qui chasse le jus de l'autre. A cet effet, sur le premier diffuseur on envoie de l'eau sous pression qui pousse devant elle le jus que contenait ce diffuseur ; le jus de ce diffuseur pousse celui du suivant jusqu'au dernier, qui s'échappe dehors dans un réservoir jaugé appelé bac *mesureur* dans lequel on ne reçoit que la quantité de jus correspondant à la capacité d'un diffuseur, chaque fois que l'on fait une opération. Suivant la quantité que l'on tire et le temps que l'on met entre chaque tirage, le jus est plus ou moins chargé de sucre, et l'épuisement de la cossette du premier diffuseur plus ou moins parfait. Cela se conçoit d'après ce que nous venons de dire.

Enfin, comme entre chaque diffuseur il y a un calorisateur, que l'élévation de la température des liquides diminue le temps de l'action osmotique, par conséquent favorise l'épuisement, on a soin de régler le chauffage de manière à avoir 75 à 80 degrés dans les diffuseurs.

On voit par ce qui précède que, plus on aura de diffuseurs, plus complet sera l'épuisement, puisqu'on pourra envoyer plus d'eau pure sur le premier.

Entre deux batteries de nombre différent de diffuseurs, c'est celle qui aura le plus de diffuseurs qui fera le plus de travail, puisqu'à cause de la plus grande quantité d'eau pure ajoutée sur le premier, on peut,

diminuer le temps de diffusion sur chacun des diffuseurs pour arriver au même résultat. De même on sera obligé de chauffer plus fort les batteries courtes que les batteries longues, au détriment d'ailleurs de la qualité du jus, car l'osmose étant plus puissante à chaud qu'à froid, les matières colloïdes passent plus facilement dans le premier cas que dans le second, et le jus est d'autant moins pur.

Revenons encore à notre batterie de diffusion. Tous les vases sont pleins. Le premier doit être épuisé. On le vide, on le remplit de nouveau avec de la cossette fraîche, et c'est le second diffuseur qui devient premier.

Le tour suivant on vide le second et c'est le troisième qui devient premier et ainsi de suite.

Comme le temps de vidange et d'emplissage est assez long, on s'arrange de manière que, dans la batterie, il y ait toujours un diffuseur en emplissage en queue, un diffuseur en vidange en tête, et c'est celui qui suit qui est en pression *hydrostatique*

Enfin, on conduit le travail ainsi : sur le dernier diffuseur, au lieu d'envoyer le jus par le haut sur la cossette fraîche on l'envoie par le bas du diffuseur. Cette manœuvre a pour effet de soulever la cossette et de la *mêler* avec l'eau *(meschen* en allemand), tandis que, si l'on envoyait l'eau par en haut, on tasserait la cossette sur le fond et le mélange ne s'opèrerait pas bien. Ce retournement dans le mouvement du jus s'appelle d'après le mot allemand *mécher* un diffu-

seur. Il ne faut pas oublier que c'est d'Autriche que nous est venue la première batterie, d'où ce néologisme.

C'est le jus de l'avant-dernier diffuseur, après le méchage, qu'on envoie à l'usine, comme étant le plus concentré, et c'est le jus suivant qui sert à mécher le dernier diffuseur.

Dans certaines usines où l'on dispose de peu d'eau, au lieu de pousser le jus du dernier diffuseur par la pression du réservoir d'eau, ou pression hydrostatique, on se sert de l'air comprimé. De la sorte on économise les trois quarts de l'eau qu'on perd ordinairement en vidant le dernier diffuseur.

Telle est la théorie sommaire de la diffusion. Il ne nous reste qu'à examiner la partie matérielle de l'opération, la construction des batteries et de leurs accessoires, coupe-racines, et presses à cossettes.

Coupe-racines. — La forme sous laquelle on doit découper la betterave pour la mettre dans les diffuseurs à l'état de cossette ne peut pas être mieux définie qu'en la comparant à la jullienne de légumes dont on fait le potage.

La cossette, sous cette forme, doit être régulière, longue et bien tranchée. Ce sont ses qualités principales. La dimension de sa section est variable suivant la nature de la betterave. Si celle-ci est saine et dure, on a tout avantage à la découper en cossettes aussi fines que possible, soit de 4 à 5 millimètres de côté. Si au contraire la betterave est tendre ou amollie par la dessiccation ou la gélée, on doit prendre une division plus

forte. Du choix de la dimension de la cossette dépend souvent le succès du travail de la batterie, et surtout l'épuisement de la cossette, c'est-à-dire la quantité de sucre perdue par l'usine dans les résidus. Comme on doit perdre le moins possible du sucre contenu dans la betterave, on conçoit de quelle importance est pour le fabricant le choix de la dimension de la cossette.

La forme aussi influe beaucoup sur le rendement. Des cossettes à section rectangulaire se collent les unes sur les autres et procurent à l'eau qui les mouille une circulation difficile. En leur donnant une forme de *faitière* (du nom de ces sortes de tuiles arrondies ou pointues qui garnissent la crête des toits), ou constitue une infinité de canaux dans la masse des cossettes qui assurent une grande facilité au liquide pour circuler sur toutes les faces de la cossette. Ces différentes formes et dimensions des lamelles s'obtiennent en donnant aux *couteaux* du coupe-racines une forme appropriée, et en animant ces couteaux d'une vitesse suffisante pour avoir une section nette, enfin en ayant des couteaux coupant bien.

Pour arriver à ces différents résultats on a cherché à donner aux *coupe-racines* la forme la plus convenable. Nous allons décrire l'appareil qui est le plus répandu (fig. 20 et 21).

L'élément essentiel d'un coupe-racines est un plateau circulaire horizontal tournant rapidement autour d'un axe vertical. Ce plateau est percé de lumières portant les couteaux. Ceux-ci sont disposés à peu près

comme la lame d'un rabot. On conçoit que, si la betterave se présente *sur* ce plateau tournant, les couteaux rabottent la betterave, et que les copeaux enlevés à la racine retombent en dessous. Et si les couteaux ont une forme appropriée, les copeaux ou lamelles enlevées seront à l'état de cossettes, telles que nous les avons décrites.

Le plateau tournant se trouve pris dans une cage surmontée d'une trémie et ayant la forme en dessous d'un grand entonnoir. Dans la trémie on jette la betterave, et comme on lui donne une certaine hauteur, 50 centimètres à 1 mètre, le poids des betteraves qui pressent sur celles de dessous, reposant immédiatement sur le plateau, sollicite celles-ci à s'engager dans les couteaux, faisant fonction de poussoir automatique.

Les lumières du plateau dans lesquelles sont fixés les couteaux sont au nombre de huit ou dix et parfois douze suivant le diamètre du plateau. Les couteaux ne sont pas fixés directement sur le plateau. Ils sont enchâssés dans des pièces mobiles dites *porte-couteaux* (fig. 22) facilement changeables, et ce sont les porte-couteaux qui reposent dans les lumières. Comme les couteaux s'usent vite, on a toujours en réserve un jeu complet supplémentaire de porte-couteaux que l'on garnit et l'on règle à l'avance, de telle sorte que quand les couteaux en fonction ne coupent plus suffisamment, on enlève les porte-couteaux dont les lames sont usées et on les remplace immédiatement par les porte-couteaux que l'on a garnis d'avance. Le changement est ainsi très

Fig. 20. — Coupe-racines coupant sur toute la surface. Système Maguin.

Fig. 21. — Coupe du plateau.

rapide, car la construction des lumières est telle, que le changement ne demande aucune opération difficile, les porte-couteaux s'engageant simplement dans des rainures qui assurent sa fixité immuable pendant la rotation. C'est même la force centrifuge qui les force à se maintenir en place.

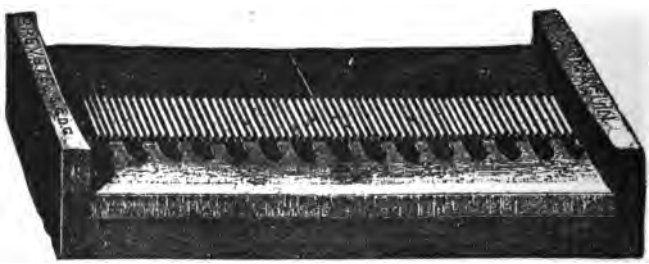


Fig. 22. — Porte-couteaux épierreur (Maguin).

Le mouvement est donné au plateau au moyen d'engrenages coniques agissant sur son axe, lesquels sont commandés par poulies et courroie.

L'axe lui-même repose en bas sur une crapaudine, et est maintenu vertical par de forts coussinets l'embrassant par le haut, de telle sorte que sa position soit immuable.

Le diamètre des plateaux est très variable. En moyenne il est d' 1^{m},50. Mais il y en a d' 1 mètre, et d'autres de 2 mètres. En Autriche surtout, on affectionne les plateaux de grand diamètre. Seulement comme la vitesse des couteaux doit toujours être la même, les plateaux de grand diamètre ont besoin de tourner moins

vite que les autres. Les plateaux de 1m,50 font environ 100 à 120 tours, ce qui fait que ceux de 2 mètres n'ont pas besoin de faire plus de 90 à 100 tours pour que leur circonférence parcoure dans le même temps le même chemin que dans les autres plus petits.

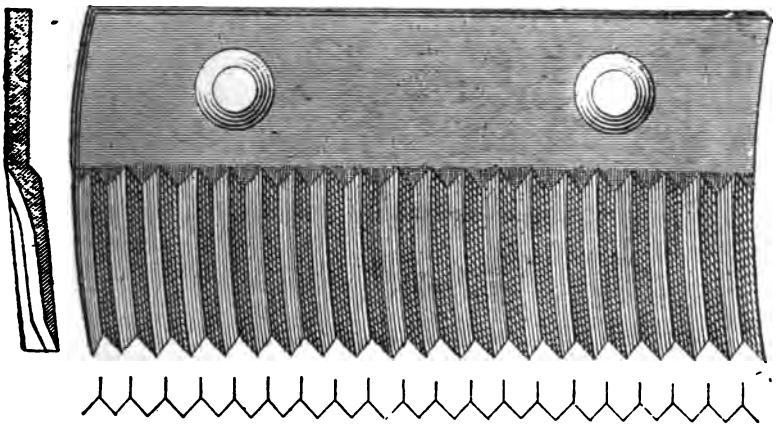


Fig. 23. — Couteaux Maguin.

Les couteaux peuvent être classés en trois espèces. Les premiers, les plus anciens, dits couteaux *Napra-wil*, font des cossettes à section rectangulaire. Ils se composent d'une lame droite, coupante, surmontée de distance en distance d'arêtes coupantes également, qui séparent en petites tranches la lamelle qu'enlève le couteau.

Les seconds, les couteaux *Goller*, font des cossettes à section triangulaire. Ce sont des lames d'acier épaisses

de 3 ou 4 millimètres, taillées dans l'épaisseur de leur masse en forme de zigzag sous un angle de 60 degrés. On les fait encore en tôle ondulée présentant le même profil. On conçoit que la betterave puisse être ainsi coupée en morceaux ayant une section triangulaire. Mais cependant la forme de la cossette est tout à fait irrégulière parce que lorsqu'un couteau a passé il laisse dans la betterave sa trace en sillons triangulaires aussi, et, quand le couteau suivant arrive, il coupe les arêtes des sillons en formant une cossette à section quelconque, ce qui est mauvais, puisque la nouvelle cossette n'a plus l'épaisseur normale désirable pour un bon travail ; alors celles qui sont minces s'épuisent plus vite que celles qui sont épaisses, et finalement l'épuisement est défectueux.

Enfin les troisièmes, les plus répandus, sont les couteaux *faitières* (fig. 23). Ceux-ci sont une combinaison du Goller et du Naprawil. Ils ont le même profil que les Goller, seulement, à la partie supérieure, les sommets des angles portent des arêtes coupantes comme les Naprawil. Il en résulte que, lorsqu'un couteau a passé, laissant son sillon marqué dans la betterave, lorsque le suivant arrive, s'il repasse dans le même sillon, il enlève une cossette en forme de faitière parfaitement conformée, et tranchée à vif sur toutes ses faces. Si l'on a soin de monter les couteaux, de telle sorte que leurs dentures soient correctement en place les unes derrière les autres, on peut arriver ainsi à avoir des cossettes entièrement régulières. Néanmoins beaucoup de cossettes sont encore courtes ou irrégulières, mais moins qu'avec les Goller.

Les couteaux sont montés dans les porte-couteaux, avons-nous dit, comme la lame dans un rabot. Pour que le couteau prenne plus ou moins, que la cossette soit plus ou moins épaisse, il suffit de faire varier l'angle d'inclinaison du couteau, et la quantité de fer qui dépasse le plan du porte-couteaux. L'affûtage des couteaux, le garnissage et le réglage des porte-couteaux, sont des opérations très importantes dans l'usine, car c'est d'elles que dépend le bon sectionnement de la betterave.

L'*affûtage* des couteaux se fait au moyen de *fraises*. On appelle ainsi des disques d'acier très dur, tournant rapidement sur leur axe, et dont la circonférence est taillée comme une lime. On donne à la circonférence le profil du fond de la dent et il suffit de présenter devant le couteau, solidement maintenu dans une mâchoire qui le dirige, et d'appuyer légèrement à la main pour repasser très régulièrement son coupant. Il y a aussi des fraises pour repasser le coupant des arêtes. De la sorte on affûte un couteau en très peu de temps. On finit l'affûtage au moyen de limes ayant aussi le profil voulu.

Certains couteaux sont en acier dur non trempé, et l'affûtage se fait immédiatement au sortir du coupe-racines. Ce sont les plus nombreux. Quelques-uns sont en acier trempé et on est obligé de les détremper pour les affûter et de les retremper après. C'est une grosse opération qui demande des soins pour être bien faite, et par conséquent une installation spéciale. Aussi n'est-elle pratiquée que dans très peu d'usines.

Nous n'avons cité que les couteaux courants dans

l'industrie. Il y en a encore d'autres qui dérivent des trois que nous avons cités et qui n'en diffèrent que par des détails inutiles à énumérer ici.

Une autre coupe-racines d'une forme toute différente a remporté quelques succès, sans cependant s'être répandu beaucoup. Il a été inventé simultanément par Fontaine en France, et Rassmus en Allemagne. C'est un cylindre vertical percé sur son pourtour de 8 à 12 fenêtres dans lesquelles se fixent les porte-couteaux. Le cylindre a la hauteur de deux porte-couteaux superposés.

Dans l'axe de ce cylindre tourne très rapidement un arbre portant deux palettes qui affleurent les couteaux en tournant.

On jette les betteraves dans le cylindre; les palettes s'en emparent et la force centrifuge les pousse contre la paroi du cylindre. Entraînées par les palettes, les racines sont coupées par les couteaux et rejetées au dehors à l'état de très belles cossettes.

D'autres coupe-racines du même genre ont vu le jour depuis, mais c'est toujours celui à plateau horizontal qui a la faveur des fabricants.

Batterie de diffusion (fig. 19 et 24) — Les diffuseurs sont des cylindres verticaux, dont la capacité varie d'1 à 6 mètres cubes. En France, on leur donne de 3 à 4 mètres cubes d'environ, avec une hauteur double du diamètre, et on les fait en tôle.

Ils se terminent en haut par une partie conique très courte portant une collerette en fonte sur laquelle se

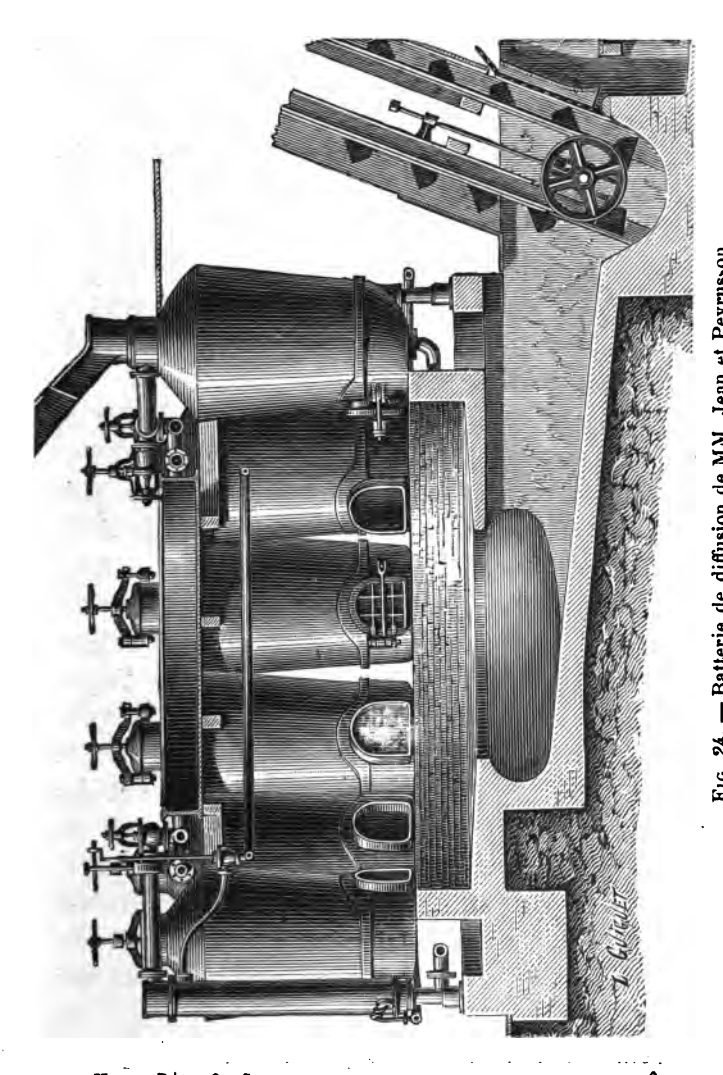


FIG. 24. — Batterie de diffusion de MM. Jean et Peyrusson.

trouve la tubulure de circulation de jus. Cette collerette se ferme par dessus par une porte qui se déplace horizontalement autour d'un tourillon, et se fixe en place au moyen de la pression d'un forte vis soutenue par un étrier. C'est par cette porte qu'on emplit le diffuseur. Elle a 60 à 80 centimètres de diamètre.

Le fond des diffuseurs a une forme très variable, à cause de la position de la porte de vidange des pulpes.

Cette porte peut être placée soit latéralement (fig. 24), soit tout à fait par dessous (fig. 19), soit dans une position intermédiaire inclinée.

Quand la porte est latérale, le fond du diffuseur est en tôle et à peu près plat.

Quand la fermeture est en dessous, ce qui est la meilleure disposition, la porte embrasse tout le fond du cylindre qui se termine alors par une armature en fonte sur laquelle s'appuie la porte. Celle-ci se déplace soit horizontalement, comme la porte du dessus, soit de haut en bas autour d'une charnière. Un contre-poids l'équilibre en tout cas pour qu'elle soit maniable, car elle est très lourde, et de solides crochets ou verrous la tiennent en place. Le maniement des crochets et des verrous se fait ordinairement au moyen de vis de rappel qui en assurent le bon fonctionnement.

Quand la porte est inclinée, le fond du cylindre est tout en fonte et présente lui-même une inclinaison du côté de l'ouverture pour faciliter l'écoulement des cossettes.

L'étanchéité de toutes ces portes est assurée par un

boudin de caoutchouc sur lequel se fait le serrage. Dans les grandes portes de fond, on est obligé d'employer ce que l'on appelle la fermeture hydraulique, c'est-à-dire que le caoutchouc est creux, et que, lors du serrage, on injecte de l'eau à l'intérieur sous une forte pression qui l'applique forcément contre la porte.

Les diffuseurs peuvent être disposés soit en ligne, soit en cercle.

Les *batteries en ligne* (fig. 25 et 26) sont les plus anciennes. Elles sont disposées en général sur deux lignes parallèles et les portes de vidange sont tournées toutes dans le même sens, à l'intérieur de la double ligne, de telle sorte que la cossette épuisée tombe entre les deux dans un canal au fond duquel tourne une hélice qui l'entraîne. Le fond du canal est quelquefois simplement incliné avec une forte pente qui suffit à l'écoulement de la pulpe dans une fosse d'où on l'extrait mécaniquement.

Les *batteries circulaires* (fig. 19 et 24) sont très commodes à cause de la distribution des cossettes à l'emplisssage, comme nous le verrons tout à l'heure, et adoptées généralement en France. La vidange se fait au milieu du cercle dans une fosse au centre de laquelle se trouve un élévateur ou un entraîneur (fig. 19).

Le chargement de la cossette dans les diffuseurs, dans les batteries en ligne, se fait de deux façons : soit au moyen de bennes qui s'emplissent sous le coupe-racines, roulent sur un petit chemin de fer aérien et se

vident par en dessous dans le diffuseur ; soit au moyen d'un transporteur à courroie de gutta-percha, celle-ci courant horizontalement tout le long de la batterie au fond d'une nochère. Le coupe-racines déverse la cossette sur la courroie. En face de chaque diffuseur, la nochère a une porte que l'on ouvre de manière à ce que la cossette tombe dans le diffuseur. La porte en s'ouvrant en dedans fait barrage et empêche la cossette d'aller plus loin que le diffuseur qu'on emplit.

Dans les batteries circulaires, la disposition est tout autre. Le coupe-racines est à un étage supérieur, exactement dans l'axe de la batterie (fig. 19). Sous le coupe-racines est un vaste entonnoir qui se termine par une nochère inclinée qui vient juste au-dessus des portes des diffuseurs. L'entonnoir repose sur des galets (fig. 20), de telle sorte qu'il peut tourner sur lui-même, et par conséquent le bout de la nochère peut se présenter successivement au-dessus de chaque diffuseur. Quand le coupe-racines marche, la cossette suit donc la nochère jusque dans le diffuseur sans avoir besoin d'être transportée autrement.

Que la batterie soit circulaire ou en ligne, chaque diffuseur comporte à côté de lui son *calorisateur*. Le calorisateur est un faisceau tubulaire vertical entouré de vapeur, dans lequel circule le jus pour aller d'un diffuseur à l'autre. D'autres fois le calorisateur est un simple tuyau de grand diamètre dans lequel se trouve un grand serpentin où circule la vapeur. Enfin, on remplace parfois, surtout en Belgique, le calorisateur

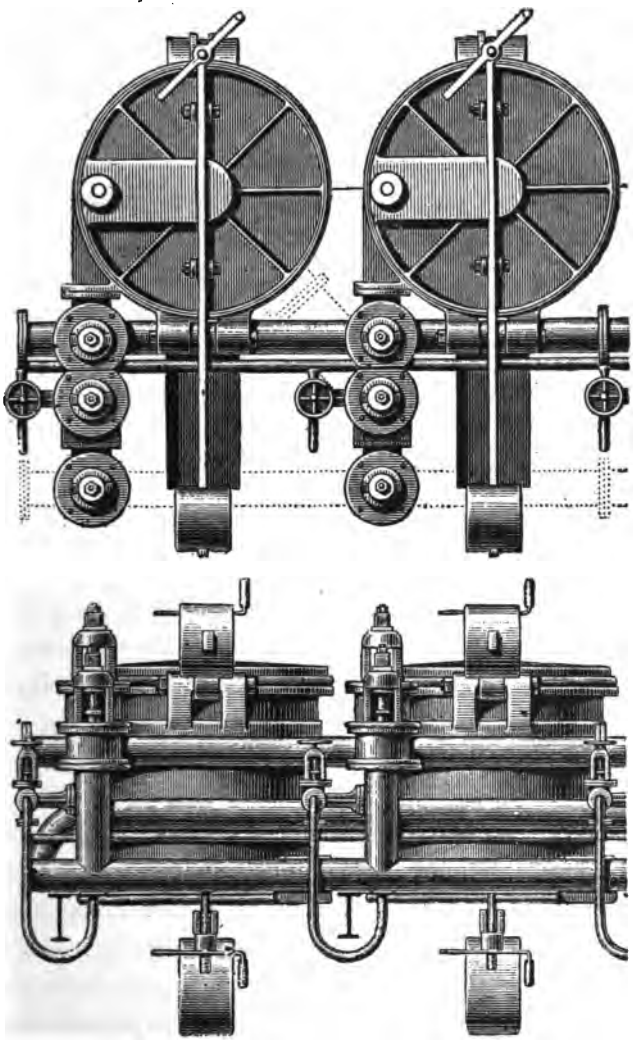


Fig. 25 et 26. — Batteries en ligne, de construction autrichienne.

par une simple injection de vapeur qui chauffe le jus au passage dans le tuyau en s'y condensant. Cette dernière disposition est imposée par la régie, pour éviter les fuites que présentent parfois les autres calorisateurs et qui pourraient être préjudiciables au fisc, l'impôt se percevant dans ce pays sur la quantité de jus produite.

Autrefois, avant l'invention des calorisateurs, le réchauffage se faisait dans deux bacs munis de serpentin ou dans de grands réchauffeurs tubulaires par lesquels on faisait passer le jus avant d'aller d'un diffuseur à l'autre. Ces deux réchauffeurs servaient pour toute la batterie, et nécessitaient deux robinets de plus à chaque diffuseur. On retrouve encore parfois cette antique disposition.

Tous les robinets de chaque diffuseur sont réunis en un seul buffet habilement combiné pour simplifier les manœuvres. Les clefs de tous ces robinets, ou plutôt le volant de toutes ces valves, sont donc à la même hauteur, à la main de l'ouvrier, soit en avant, soit en arrière des diffuseurs.

Dans les batteries circulaires, le chef de batterie et son aide suffisent à mener tout le travail.

Dans les batteries en ligne à transporteur, il en est de même. Mais dans celles où la cossette est transportée par des bennes, il faut trois ou quatre hommes de plus pour leur service. Néanmoins, ce dernier système est très souvent préféré, parce que l'on perd moins de temps à l'emplissage des diffuseurs qui est presque instantané, et on fait produire beaucoup plus de travail

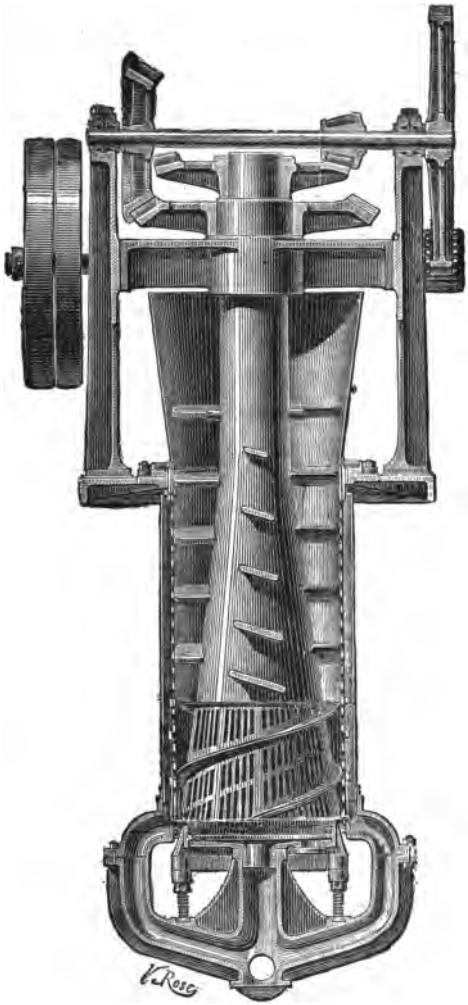


FIG. 27. — Presse à cossettes (Cail).

aux batteries, ce qui est un gros avantage pécuniaire pour les usines trop faiblement montées en diffusion.

Presses à cossettes (fig. 27). — Les cossettes épuisées sortant des diffuseurs sont très aqueuses pour deux raisons. La première c'est à cause de l'eau qui les mouille ; la seconde provient de l'effet physique qui constitue l'acte de la diffusion du sucre lui-même, de l'endosmose, dont nous parlions précédemment, les cellules s'étant chargées d'eau pure au lieu de l'eau sucrée qu'elles contenaient.

Dans cet état les cossettes ne valent rien pour les bestiaux, l'humidité qu'elles contiennent étant nuisible à leur santé ; c'est ce qui fut cause de l'abandon de la macération de de Dombasle. Si à ce moment on eût eu les presses à cossettes, il est probable que depuis lors on n'aurait jamais eu d'autre système que celui-là pour la fabrication du jus.

Le pressage de la cossette est difficile. En effet, elle a été cuite dans les diffuseurs, portée à la température de 75 à 80 degrés pendant au moins une demi-heure, elle est dès lors devenue très molle, gluante par l'effet de la chaleur sur les matières pectiques mises à nu sous l'effet du découpage, toutes les cellules qui se trouvent sous le couteau étant naturellement ouvertes, et même souvent déchirées lorsque le couteau ne coupe pas bien, raison pour laquelle l'affûtage des couteaux doit être souvent répété.

Lorsqu'on prend une poignée de pulpes dans la main et qu'on les serre, cette pulpe se met facilement en bouillie,

surtout lorsque la diffusion a été un peu trop chauffée pour aller plus vite, et file entre les doigts. Ceci prouve quelles précautions il faut prendre pour arriver à essorer suffisamment les cossettes sans les détériorer ; une presse à rouleau, à toile ou autres, n'aurait d'autre effet que de les triturer sans faire sortir l'eau. Il faut donc que la machine comprime lentement la cossette en la maintenant bien en place et ne la broie pas au moment du fort serrage.

La première qui ait répondu à ce desideratum est la presse *Kluzemann*. C'est un cylindre vertical en tôle perforée reposant dans une chape en fonte. Dans son axe tourne une pièce ayant la forme d'un cône trés allongé, debout sur sa base, de la hauteur du cylindre et dont la base est d'un diamètre un peu plus petit que le cylindre. Ce cône porte des bras, effleurant presque le cylindre, en forme de larges palettes et disposés en hélice jusqu'au bas.

On conçoit que, si l'on jette la cossette mouillée dans le cylindre, elle est empoignée par les bras qui la forcent à descendre et l'entraînent dans l'espace laissé libre entre le cône et le cylindre, espace qui se rétrécit de plus en plus, à cause même de la forme conique de la pièce centrale. Elle est donc pressée lentement, son eau s'échappe par les trous du cylindre, et de plus, quand elle arrive au bas, elle rencontre une pièce de fonte qui rétrécit encore l'ouverture, et dont on peut régler la distance au cylindre, de manière à augmenter encore la pression.

Ajoutons que le cylindre porte de distance en distance des bras en fer à l'intérieur, qui empêchent la cossette de tourner avec le cône et de s'immobiliser.

L'eau s'écoule donc autour du cylindre, est reçue dans une gouttière et est dirigée dans l'égout.

La presse Kluzemann a été modifiée par *Bergreen* (fig. 27). Le noyau conique est devenu filtrant également, et l'hélice est en deux parties animées de deux vitesses différentes. Son effet est un peu plus puissant que celui des presses Kluzemann. D'ailleurs celles-ci ont été améliorées elles-mêmes, en sorte que la presse Bergreen et la presse Kluzemann modifiées ont à peu près le même rendement.

La presse *Selwig et Lange* est basée sur un autre principe. Ce sont deux forts plateaux circulaires à surface filtrante placés dans un bâti vertical. Ces plateaux tournent lentement dans le même sens et avec la même vitesse, seulement leurs axes sont un peu inclinés l'un sur l'autre, de telle sorte qu'ils se rapprochent très près à un certain point de leur circonférence. Si l'on introduit la cossette entre les plateaux à l'endroit où ils sont le plus espacés, cette cossette est entraînée par la rotation des plateaux ; mais comme ceux-ci se resserrent de plus en plus, la cossette se trouve prise, serrée et finalement s'échappe suffisamment séchée après avoir parcouru une demi-circonférence.

Cette presse est un très bon instrument assez répandu.

Il y en a beaucoup d'autres systèmes, mais les trois

que nous venons de citer sont les seuls que l'on emploie quand on désire avoir des cossettes marchandes.

Les cossettes sont élevées de la fosse de la batterie de diffusion aux presses, au moyen d'élévateurs à godets dans le genre de ceux des betteraves (fig. 19). Seulement les godets sont perforés de nombreux trous, parfois même sont tout à fait ajourés pour laisser passer l'eau avec laquelle les cossettes sont mélangées dans le fond du trou. La chaîne à godets se déverse dans une nochère horizontale au fond de laquelle tourne une hélice et cette nochère porte autant d'ouvertures qu'il y a de presses à cossettes, ouvertures qui s'ouvrent au-dessus de la trémie de chaque presse, et peuvent se fermer si la presse ne marche pas.

Les presses à cossettes sont placées en général à un étageas sez élevé pour que la cossette séchée tombe dans une salle au-dessous de laquelle puissent passer les voitures des cultivateurs que l'on charge en ouvrant une trappe. D'autres fois un élévateur à hélice remonte les cossettes séchées et les déverse ainsi dans les voitures. Bref, les dispositions facilitant l'enlèvement varient à l'infini suivant les usines.

Quand on n'a pas la vente immédiate des cossettes on les met en silos. Ces silos sont de vastes et longues tranchées pratiquées dans la terre, battues sur les bords avec de la terre glaise, et dans lesquelles on les jette; on les recouvre ensuite avec de la terre. Dans les silos le peu de sucre qui reste dans la betterave épuisée entre en fermentation alcoolique d'abord, puis la fer-

mentation lactique se déclare. Cette cossette fermentée ne forme bientôt plus qu'une masse homogène où sa forme primitive disparaît, et les bestiaux la préfèrent à la fraîche, sans doute à cause de son goût aigrelet. D'ailleurs on ne la leur donne pas toute pure. On y mélange de la paille ou du foin haché, et les animaux en sont alors très friands.

Travail du jus.

Le jus de betterave est un liquide coloré en violet plus ou moins foncé, louche, et ayant une odeur franche lorsqu'il vient de betteraves saines.

A cet état de *jus cru* on ne peut l'évaporer parce qu'il contient un grand nombre d'impuretés pectiques, albumineuses et autres qui le transforment, quand on le cuit, en une espèce de confiture d'où l'on serait bien empêché de retirer la moindre quantité de sucre. Et quand nous disons confiture nous employons le mot propre, car c'est aux matières pectiques des fruits que ce mets doit sa prise en gelée. Le phénomène est donc identiquement le même.

La fabrication du sucre de canne ayant précédé historiquement celle du sucre de betterave, cette dernière voulut copier sa devancière dans son système d'épuration du jus. Cette épuration se fait au moyen de la chaux au pays de la canne, par une simple ébullition. On fit de même avec la betterave. On appelle cela la *défécation*.

Lorsqu'on ajoute une petite quantité de chaux, soit

quelques millièmes, dans le jus de betterave obtenu avec les presses, on voit cette chaux coaguler certains principes du liquide, puis ce coagulum se précipiter à la longue au fond du vase, et le jus qui surnage est jaune paille et parfaitement limpide. Seulement cette séparation est longue, elle demande un certain temps pour s'opérer. Si l'on fait bouillir ce jus chaulé de la sorte, on voit se former à la surface une épaisse couche d'écume qui surnage, tandis qu'un coagulum assez lourd se précipite rapidement au fond du vase, et le liquide intermédiaire est parfaitement limpide au bout de quelques minutes. Le jus est déféqué.

En pratique, on se servait de bassines à double fond dans lesquelles on mettait le jus et la chaux; on faisait bouillir, on écumait le *chapeau*, puis, quand le dépôt s'était formé, on tirait à clair.

Ce jus ainsi travaillé était évaporé, puis cuit à feu nu à l'état de sirop. On le mettait ensuite à cristalliser dans des bassins ou dans des formes, on le laissait égoutter et le clairçait enfin pour enlever la mélasse.

La défécation dura longtemps. Beaucoup de chimistes cependant cherchaient quelque système d'améliorer ce travail qui ne laissait pas que d'amener de fréquents déboires.

Vers 1792, Achard essaya la défécation en ajoutant de l'acide sulfurique au jus au lieu de chaux. Ce procédé marchait bien, mais il était dangereux pour le sucre, quelques traces d'acide de trop le détruisant complètement.

Plus tard, Mathieu de Dombasle, puis Chaptal et enfin Dubrunfant vers 1825 employèrent l'acide sulfurique conjointement avec la chaux, afin de saturer l'excès d'alcali sans arriver à l'acidité.

Cette méthode eut beaucoup de succès et dura jusque vers 1849, époque à laquelle survint le procédé Rousseau.

Ce procédé consistait à faire suivre la défécation à la chaux, après décantation, d'une saturation de l'excès de chaux au moyen de l'acide carbonique produit dans un petit fourneau à charbon. Cette idée avait été émise dès 1833 par Kuhlmann, puis reprise par Barruel, et enfin mise au point par Rousseau.

Les sucreries adoptèrent rapidement ce système plus avantageux que celui de Dubrunfant à l'acide sulfurique parce qu'il économisait beaucoup le noir animal, le carbonate de chaux étant beaucoup moins soluble dans l'eau sucrée que le sulfate.

Enfin en 1859, MM. Périer et Possoz, en participation avec la Maison Cail, imaginèrent la double carbonatation, adoptée aujourd'hui par toutes les sucreries de betteraves dans le monde entier et que nous allons décrire.

En Autriche, ce système porte, presque sans modifications, le nom de procédé Jelinek. On l'appelle aussi défécation trouble, mais toutes ces dénominations constituent le même mode opératoire qui a reçu quelques variantes avec le temps.

Composition chimique du jus de betterave. — Pour

comprendre comment la défécation et les carbonatations agissent sur le jus de la betterave, il est utile d'en connaître la composition.

Voici une analyse quelconque de betterave.

Eau	80 »
Sucre	15 »
Cellulose et ligneux	1 »
Matières pectiques	0,60
Albumine et matières azotées	1,60
Matières organiques autres	1 »
Matières minérales . , ...	0,80
	100 »

Quand on râpe une pareille betterave et qu'on en presse le jus, celui-ci contient, outre l'eau et le sucre, les matières minérales solubles, quelques matières pectiques, l'albumine soluble et quelques matières organiques autres, comme certains acides, de l'asparagine, etc.

Si l'on abandonne à lui-même ce jus tel qu'il sort de la presse, ce que l'on appelle du *jus cru*, les matières pectiques entrent en une espèce de fermentation qui les transforme en deux acides gélatineux, les acides pectique et pectosique. Le jus se prend alors en masse comme une confiture, ou, s'il est étendu d'eau, il devient filant comme certains vins blancs tournés.

Le jus cru ne peut donc pas être conservé ainsi, d'autant plus que, en présence des fermentations complémentaires qui surgissent, le sucre se transforme lui-même en glucose, mannite, etc.

Si dans le même jus froid on ajoute de la chaux, celle-ci sature les acides organiques, et les matières pectiques se transforment en pectate de chaux insoluble qui se précipite au fond du vase. C'est la défécation à froid. Le liquide ainsi traité se conserve pour ainsi dire indéfiniment quand la chaux n'est pas en excès. M. Maumené avait même proposé ce moyen pour conserver les jus dans de grandes citernes et en extraire le sucre toute l'année.

Mais si la chaux est en grand excès, il se forme une fermentation spéciale à la faveur des matières albuminoïdes, la fermentation lactique suivie de la fermentation butyrique qui répand une odeur essentiellement nauséabonde. C'est à cette fermentation que l'on doit les mauvaises odeurs qui se dégagent des recoins des sucreries mal tenues.

Quand on fait bouillir le jus cru, sans chaux, l'albumine se coagule, les matières pectiques ne bougent pas si l'ébullition n'est pas trop prolongée. Mais lorsque l'ébullition a lieu en présence de la chaux, on obtient la précipitation de l'albumine et des matières pectiques, ainsi que de certains sels organiques de chaux. C'est la défécation proprement dite.

Cette défécation donne un jus limpide si la chaux est exactement dosée pour précipiter les matières organiques seules. Le jus est trouble, au contraire, si la chaux est en excès.

La cause du trouble des jus chauds trop chaulés provient de l'action de la chaux sur le sucre.

En effet, le sucre se combine avec la chaux pour faire du *sucrate de chaux*. Or, il y a plusieurs combinaisons du sucre avec la chaux, suivant le nombre d'équivalents de chaux en combinaison avec un équivalent de sucre. On connaît les sucrates monobasiques, bibasiques, tribasiques.

Les sucrates monobasiques et bibasiques sont solubles dans l'eau, et le sucrate tribasique est insoluble. Lorsqu'on chauffe une solution de sucrate soluble et qu'on la porte à l'ébullition, elle devient louche par la formation de sucrate tribasique. De toutes les expériences fort nombreuses que j'ai faites sur ce sujet, et que l'on trouvera exposées dans mon *Traité théorique et pratique de la fabrication du sucre*, il résulte que la chaleur a pour effet de combiner la chaux au minimum de sucre possible ; et comme, dans ces conditions, le sucrate contenant le moins de sucre possible qui puisse se former est le sucrate tribasique, c'est lui qui se précipite.

Par conséquent, si l'on filtrait un jus ainsi chaulé et maintenu en ébullition, une partie du sucre resterait sur le filtre à l'état de sucrate.

La formation du sucrate tribasique est donc un danger qu'il est utile d'éviter en fabrication pour ne pas perdre de sucre dans les écumes.

Le sucrate tribasique se redissout d'ailleurs dans l'excès de sucre du jus lorsque le jus se refroidit.

Le sucrate de chaux, à quelqu'état qu'il soit, est une combinaison peu stable. Le moindre acide détruit la

combinaison ; en tout cas les lois de Berthollet lui sont applicables, c'est ce qui fait que l'acide sulfurique, l'acide carbonique, les carbonates alcalins les détruisent facilement en formant le sel de chaux insoluble correspondant.

Par conséquent, si l'on injecte de l'acide carbonique dans un jus troublé par le sucrate de chaux, il se forme du carbonate de chaux et le sucre est mis en liberté.

C'est ce qui fit le succès du procédé Rousseau, puisqu'il n'y avait plus crainte de mettre un excès de chaux dans les jus, l'acide carbonique étant là pour parer à toute éventualité de perte de sucre.

Mais là il y a encore un danger dont on ne se méfia pas et qui fut cause de la perte de beaucoup de sucre. C'est la solubilité du carbonate de chaux dans le sucre et la formation d'un sucro-carbonate insoluble.

Vers 1868, MM. Boivin et Loiseau firent une étude très intéressante sur une combinaison du sucre de la chaux et de l'acide carbonique qu'ils nommaient hydro-sucrocarbonate de chaux, dans laquelle un équivalent de sucre se trouvait en combinaison avec six équivalents de chaux en présence de trois équivalents d'acide carbonique.

$$6CaO, C^{12}H^{11}O^{11}, 3CO^2$$

Ce corps se forme en gelée au sein des solutions sucro-calcaires qui, si elles sont limpides, deviennent louches après avoir absorbé une certaine quantité de gaz carbonique. D'ailleurs un excès de gaz les détruit.

Ces faits avaient été signalés sans explication dès 1825, par Dubrunfaut. Repris plus tard par M. Feltz, en même temps que par MM. Boivin et Loiseau, j'en ai fait, en 1871, une étude plus complète qui jette un jour entier sur la question (voir les notes de mon *Traité de fabrication du sucre*).

Il résulte de tout ceci que, aussitôt qu'une certaine quantité de gaz carbonique a été injectée dans un jus chaulé, il se précipite une certaine quantité de sucro-carbonate, qu'il est indispensable de continuer la carbonatation pour le détruire, et que, si l'on ne pousse pas assez loin l'opération, une certaine quantité de sucre se perd de ce fait dans les écumes.

Par conséquent, il faut reconnaître le point de saturation nécessaire pour éviter les pertes de sucre par les sucro-carbonates. Ce point a été fort bien défini depuis par l'expérience et l'aide du laboratoire. Mais, du temps du procédé Rousseau, la chimie était peu en faveur dans les sucreries, de sorte que, travaillant sans guide, on s'exposait à des mécomptes dont on était impuissant à savoir la cause.

Toutes ces réactions qui se passent au sein des jus sucrés sous l'action de la chaux et de l'acide carbonique constituent les causes de l'épuration des jus. Le sucrate de chaux qui se forme isole le sucre des matières organiques, qui se combinent dès lors bien plus facilement avec la chaux en excès, le sucre n'ayant plus ainsi son action dissolvante sur eux. De plus, le carbonate de chaux qui se forme ensuite agit à la manière des laques

sur certaines impuretés dissoutes et, entre autres, sur les matières colorantes qui se trouvent ainsi incorporées dans le carbonate de chaux, d'où la couleur foncée des écumes. Enfin, le sucro-carbonate, qui s'était formé pendant ces réactions latérales, se détruit à son tour, et les dernières réactions du carbonate de chaux naissant finissent l'épuration du jus.

Cet ensemble de combinaisons qui se forment avec le sucre en présence de la chaux et se détruisent ensuite à temps pour laisser le sucre en liberté au moment où l'épuration est terminée, est fort remarquable et est cause du succès de l'emploi de la chaux dans ces opérations. Aucun autre corps n'agit mieux dans ce sens. Aussi, malgré tous les efforts des chercheurs, la chaux et l'acide carbonique sont-ils restés les seuls épurants généralement employés en sucrerie.

Double carbonatation. — Ce que nous venons de dire explique donc toutes les réactions qui se passent dans le jus au moment de la défécation et de la saturation de la chaux par l'acide carbonique.

Mais si, dans le procédé Rousseau, on pousse trop loin la saturation, on remarque qu'une partie du carbonate de chaux coloré formé se redissout, réintégrant dans le jus une partie des impuretés que l'on avait précipitées.

Si, d'autre part, on ne pousse pas assez loin cette saturation, on a des jus très alcalins par la chaux et qui sont très difficiles à cuire.

C'est alors que MM. Périer et Possoz eurent l'idée

très simple de séparer le jus clair très alcalin qui surnage au-dessus du précipité calcaire coloré, en ne poussant pas très à fond la saturation, et de continuer la saturation de ce jus clair dans un autre vase pour la pousser à fond. Ils ajoutèrent même un peu de chaux nouvelle pour effectuer cette seconde carbonatation et la rendre encore plus efficace, et c'est ainsi que naquit leur procédé qui devait évincer complètement le procédé Rousseau.

Il est vrai de dire qu'à la même époque était né un instrument nouveau, le filtre-presse dont nous parlerons plus loin, et qui leur permit de séparer les écumes du jus clair mécaniquement. Sans le filtre-presse, pas de double carbonatation. C'est toujours la même histoire en industrie, des appareils nouveaux faisant sortir de l'enfance des procédés anciens qui n'auraient pas vu le jour sans eux.

Voici comment s'opère la double carbonatation telle que l'avait comprise M. Possoz, le chimiste de la Société, M. Périer en étant l'ingénieur et M. Cail le constructeur.

Le jus froid est additionné de lait de chaux aussitôt qu'il est extrait de la betterave, c'est-à-dire immédiatement au sortir des presses ou de la batterie de diffusion. Le jus ne doit pas rester à l'air sans être chaulé. Le chaulage se fait ordinairement dans la chaudière de carbonatation, mais, ce qui est meilleur encore, quelquefois dans un bac spécial muni d'un malaxeur. On ajoute ainsi 1,5 à 3 pour 100 de chaux pure anhydre réduite en lait.

Aussitôt le lait de chaux dans le jus, on commence à faire passer le gaz carbonique. Il se forme une mousse épaisse que l'on abat, soit avec de la graisse qui fait glisser les bulles de jus remplies de gaz les unes sur les autres et les fait crever rapidement, soit avec des émousseurs que nous décrirons plus loin.

Quand la carbonatation est bien en train, on commence à chauffer au moyen d'un serpentin de vapeur qui fait plusieurs fois le tour de la chaudière, et l'on ouvre le robinet de vapeur de telle sorte que le jus arrive à la température de 75 à 80 degrés en même temps qu'on approche de la fin de la carbonatation. On reconnaît que l'opération est près de se terminer à ce que les mousses disparaissent, et à la couleur spéciale que prend le liquide. Alors, l'ouvrier diminue l'injection de gaz pour ne pas dépasser le point exact auquel il doit s'arrêter.

Ce point final se reconnaît facilement de la manière suivante. On prend dans une grande cuiller un peu de jus, et on regarde bien au jour. Lorsqu'on aperçoit ainsi le carbonate de chaux se séparer lentement du jus et se précipiter au fond de la cuiller, en faisant des méandres à la surface qui laissent surnager un jus clair, jaune paille, l'opération est terminée. Si le précipité est trop long à se former on n'est pas encore à la fin. Si, au contraire, le carbonate se précipite trop vite et que le jus soit coloré en brun, on a dépassé le point.

Aujourd'hui l'observation à la cuiller, seule en usage autrefois, est contrôlée par l'analyse chimique. D'après

la nature de la betterave, on fixe d'avance la quantité de chaux qu'il faut laisser dans le jus à la fin de l'opération, soit d'un à deux millièmes; on arrête quand on arrive exactement à ce point. L'ouvrier a dans ce cas, devant la rangée de ses chaudières, sur une table, un petit laboratoire très simple et très pratique qui lui permet très rapidement d'analyser le jus au point de vue de sa teneur en chaux. D'ailleurs, M. Possoz avait imaginé un système d'analyse qui était très simple aussi, mais que les progrès des laboratoires ont fait abandonner. Néanmoins, c'est à lui que l'on doit l'exactitude chimique de cette première carbonatation.

Lorsqu'on est arrivé au point exact, on ferme l'arrivée du gaz, et l'on pousse la vapeur, de manière que le jus atteigne 95 degrés environ ; puis on ferme la vapeur, et on vide la chaudière immédiatement dans un autre bac placé au-dessous.

Autrefois le jus restait dans ce bac, dit *bac décanteur*, jusqu'à ce que les boues soient réunies au fond; on tirait à clair le jus surnageant au moyen d'un tuyau élastique dont la tête surnageait soutenue par un flotteur. Aussitôt que le jus commençait à couler trouble, on arrêtait la décantation, et les boues étaient envoyées aux filtres-presses.

Aujourd'hui le jus trouble, sortant de la carbonatation est envoyé immédiatement aux filtres-presses sans passer par l'intermédiaire des décanteurs.

L'avantage de cette méthode est d'envoyer des jus plus clairs à la seconde carbonatation, avantage réel,

puisque les boues de première contiennent la majeure partie des impuretés du jus, et que tout ce qui s'en échappe pour passer à la seconde est autant d'impureté que l'on va redissoudre dans le jus, à cause de la saturation complète que l'on va lui faire subir.

Le jus clair de première est donc envoyé à la seconde carbonatation. On y ajoute deux à dix millièmes de chaux en lait suivant la nature de la betterave, on fait passer le gaz de manière à saturer complètement la chaux, on chauffe le jus à 100 degrés, et l'opération est terminée.

Ce jus louche passe immédiatement soit dans des décanteurs comme pour la première carbonatation, scit aux filtres-presses.

Le jus limpide qu'on en extrait est suffisamment pur pour être évaporé et cuit comme nous le verrons plus loin.

Ce système de carbonatation froide était indispensable avec les jus de presse.

Depuis que la diffusion est introduite dans nos usines, certaines modifications ont été apportées dans le travail. En effet, le jus de diffusion a déjà subi une température assez élevée dans les diffuseurs. De plus, à cause même du mode d'extraction, le jus de diffusion est plus pur que le jus de presse, l'osmose ayant déjà fait une sélection des substances que l'on envoie à la carbonatation, retenant dans la cellule une grande partie des matières albuminoïdes et pectiques que les râpes et les presses mettent en liberté. Et c'est justement, parce que le jus

de diffusion est plus pur que le jus de presse que de Dombasles fut forcé d'abandonner sa macération, le jus qu'il obtenait ne pouvant se déféquer convenablement à cause de l'absence d'albumine. Même dans le procédé Rousseau, avec certaines betteraves, la défécation était si difficile, que l'on était souvent obligé d'ajouter du sang ou du blanc d'œuf, voire même du lait de vache, pour arriver à former le chapeau.

Avec le jus de diffusion, une partie des précautions prises pour la première carbonatation afin de la faire à froid autant que possible, deviennent inutiles. Bien plus, on a quelqu'avantage à la faire à chaud, les matières pectiques et albuminoïdes existant en plus faible quantité qu'autrefois, se coagulant mieux en présence d'un excès de chaux. Alors on opère comme il suit :

Le jus de diffusion est chaulé dans un bac malaxeur, puis chauffé jusqu'à 80 degrés dans un réchauffeur spécial et rentre chaud à la première carbonatation. Dans certains pays, en Allemagne notamment, on a cru reconnaître qu'il était inutile, dans ces conditions, de mettre autant de chaux qu'avec les jus de presse et l'on a diminué cette quantité. Mais au lieu de s'en tenir à une juste mesure, comme ces jus de diffusion *paraissent* plus faciles à travailler que les jus de presse, on est tombé souvent dans un excès contraire, et l'on n'a plus mis assez de chaux. C'est ce qui fait qu'en Allemagne, au lieu de deux saturations, on a été conduit à en faire trois, parce que la première, la seule importante, était mauvaise.

En France on est généralement resté dans la saine tradition de mettre beaucoup de chaux dès le début des opérations, et l'on s'en tient à la double carbonatation qui, dans ce cas est bien suffisante, et on est dans le vrai.

Tel est le travail normal de double carbonatation. Mais comme on a cherché beaucoup si d'autres procédés ne seraient pas préférables, on a trouvé d'autres déféquants que nous allons passer rapidement en revue, en appuyant sur ceux qui sont restés comme aides à la carbonatation et que l'on emploie parfois concurremment avec elle.

Travail par la baryte. — La baryte est l'agent déféquant par excellence, c'est le premier corps de la série baryte, strontiane et chaux, et c'est le plus actif. La *strontiane* vient après et la chaux en dernière ligne comme déféquant. Mais si la chaux est employée de préférence, c'est à cause de son abondance dans la nature, sa facile fabrication, son bas prix par conséquent.

La baryte abonde cependant aussi sous forme de sulfate, mais sa transformation en baryte caustique est difficile, et dégage des torrents de gaz sulfhydrique qui ont fait bannir cette fabrication de tous lieux habités. On s'est rejeté sur le carbonate, et c'est au moyen de ce corps, moins répandu que le sulfate, que l'on fabrique industriellement la baryte hydratée qui est employée en sucrerie.

On a tenté d'employer uniquement la baryte dans le travail ; mais le prix de revient en est trop élevé et la

revivification du carbonate contenu dans les boues trop peu rémunératrice.

Aujourd'hui la baryte sert parfois comme auxiliaire de la chaux à la seconde carbonatation, ayant l'avantage de précipiter toutes les impuretés que la chaux a été impuissante à enlever à la première. Dans ces conditions la baryte rend de réels services sans que son emploi coûte trop cher.

Un autre procédé proposé consiste à mettre à la diffusion 1 kilogramme de carbonate de soude par 1000 kilogrammes de betterave rendant ainsi les jus parfaitement neutres, puis, aussitôt le jus soutiré du dernier diffuseur, on ajoute dans le bac 1 kilogramme de baryte cristallisée délayée dans l'eau, qui y forme un abondant précipité, et enfin on met la chaux sans s'inquiéter de la baryte; l'on carbonate comme à l'ordinaire. Ce système donne, dit-on, d'excellents résultats également.

On a parlé du danger d'employer la baryte en sucrerie, parce qu'elle est vénéneuse. Cette crainte est chimérique, car les précipités barytiques sont tellement insolubles qu'il ne reste pas trace de cet alcali dans les liquides sucrés.

La strontiane n'est pas employée à la défécation. Nous verrons plus tard, lorsque nous parlerons du travail des mélasses, que la strontiane trouve, à ce moment de la fabrication, un emploi beaucoup plus considérable, et qu'elle a été même la base de toute une méthode nouvelle d'extraction du sucre de ces résidus.

Matériel nécessaire au travail du jus. — Nous avons

arrêté notre description de la diffusion au moment où le jus sort des diffuseurs. Il est reçu dans un bac, dit *bac mesureur*, dans lequel on jauge la quantité de jus tirée du diffuseur de tête, comme nous l'avons expliqué (page 88) et c'est ce jaugeage qui assure l'égalité dans la densité du liquide tiré et la bonne marche de la batterie elle-même.

Les bacs mesureurs varient en nombre et en forme suivant les pays.

En France, il n'y en a ordinairement qu'un seul. Cependant, certaines usines en ont deux, l'un qui s'emplit tandis que l'autre se vide. C'est un tort, car cela n'avance à rien dans le travail quand les bacs mesureurs sont bien installés. Il suffit en effet que le bac se vide rapidement, par un gros tuyau, pour que l'usage du second soit inutile.

En Belgique, on prélève l'impôt sur le jus tiré de la batterie, et on en mesure la quantité dans ce bac. Aussi a-t-il une forme spéciale. C'est une bassine soutenue sur des pieds à vis calantes de manière à ce qu'elle soit bien horizontale. On l'emplit jusqu'à débordement tout autour, et on est assuré ainsi de la quantité de jus que l'on tire. Le liquide déborde dans une gouttière qui le déverse dans un vase clos. La bassine est elle-même fermée au moyen d'un couvercle et d'une toile métallique résistante ; le vase, le couvercle, les robinets, tout est sous clé, et l'on ne peut y toucher qu'avec le concours de l'employé de la régie qui note, chaque fois, la densité prise au moyen d'une éprouvette automatique

sous clé également. Il n'y a pas de fraude possible ainsi, et le fabricant est exactement renseigné sur son tirage.

En France, le renseignement n'est pas précis, car malgré flotteur et indicateur, si l'ouvrier ne regarde pas ce dernier au moment précis, on n'est pas assuré de la régularité du travail. Aussi avons-nous construit un appareil appelé *contrôleur-mesureur automatique de la diffusion*, qui enregistre la quantité de jus qui entre dans le bac mesureur. Cet enregistrement consiste en un diagramme tracé par l'appareil sur une feuille de papier, qui permet de lire la quantité de jus extraite, l'heure de l'extraction, le temps d'emplissage, de vidange, les arrêts, etc. Avec un pareil diagramme, le directeur est renseigné immédiatement sur la marche de la batterie, et les ouvriers se sachant surveillés par l'appareil font tellement attention qu'ils arrivent à une exactitude presque mathématique dans les tirages.

Cet appareil (fig. 28) consiste, dans son ensemble, en un flotteur qui suit le mouvement du jus dans le bac mesureur. Une corde attachée au flotteur et passant sur des poulies de renvoi, relie le flotteur à l'appareil. Cette corde s'enroule dans celui-ci sur un rouet muni intérieurement d'un ressort de rappel, et dont l'axe qui porte un pignon fait monter et redescendre une crémaillère portant une plume au bout d'un style. La plume trace le mouvement de va-et-vient sur une feuille de papier enroulée sur un cylindre tournant au moyen d'un mouvement d'horlogerie. Le papier lui-même est divisé par des traits espacés de cinq en cinq minutes

dans le sens horizontal et en dixièmes de la hauteur du bac dans le sens vertical.

Il en résulte que, lorsque le flotteur monte du fond du bac au sommet, la plume monte du bas du papier jus-

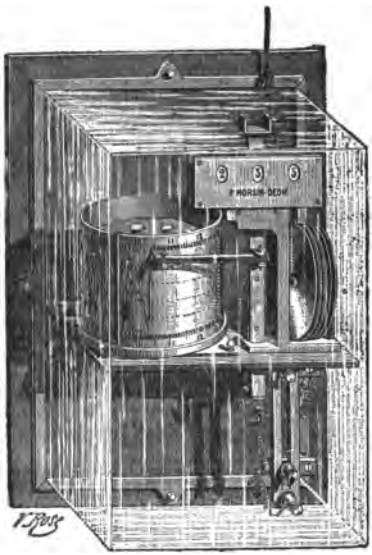


Fig. 28. — Contrôleur de diffusion Horsin-Déon.

qu'en haut, et si ce mouvement se fait en cinq minutes, par exemple, le trait est incliné de telle sorte qu'il occupe l'espace correspondant à cinq minutes. S'il y a un arrêt, la plume ne bougeant pas et le cylindre continuant son mouvement horaire, le trait est horizontal. Si l'on fait deux tirages en cinq minutes, il y a deux traits inclinés de haut en bas, et deux traits de retour,

de bas en haut dans l'espace correspondant à cinq minutes, et ainsi de suite.

De plus, pour avertir l'ouvrier de l'emplissage et de la vidange du bac, la crémaillère porte un contact électrique qui fait marcher une sonnerie quand le flotteur est en haut, et une autre sonnerie de timbre différent quand il est en bas de sa course. Enfin, comme il est nécessaire de faire varier le tirage, le contact du haut est mobile, et on le place de telle sorte qu'il fasse sonner quand on arrive au niveau du tirage désiré.

Toutes les douze heures on change le papier, et l'on a ainsi au bout de la campagne l'histoire exacte et complète de la marche de l'usine.

Dans le cas où l'on a deux bacs mesureurs, nous avons construit des appareils doubles donnant les indications des deux bacs avec la même sonnerie.

Pour compléter ces appareils et en faciliter la lecture, un compteur à chiffres permet de savoir immédiatement, sans recourir au papier, le nombre de tirages effectués dans la journée.

Une autre indication nécessaire, c'est la densité du jus extrait.

On obtient cette densité en prélevant un échantillon sur chaque bac mesureur. Mais cet échantillonnage étant fait par l'ouvrier est plus ou moins exact. Aussi avons-nous construit un *échantillonneur* automatique (fig. 29), prélevant une quantité de jus constante et moyenne sur chaque bac mesureur.

Il consiste en un tube vertical, placé dans le bac

mesureur, terminé par un robinet actionné par un flotteur. Quand le bac est vide, le robinet est fermé sur

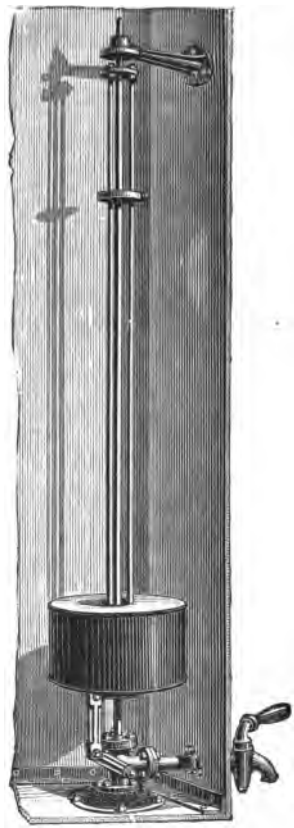


Fig. 29. — Echantillonneur.

l'extérieur du bac, et ouvert sur l'intérieur. Quand le bac est plein le robinet est fermé sur l'intérieur et

ouvert sur l'extérieur, de telle sorte que le tube se vide dans un flacon disposé pour recevoir son contenu. Dans ce flacon un peu d'acétate de plomb empêche l'altération du jus, et à la fin des douze heures, on a un échantillon parfaitement exact du jus fait dans ce laps de temps, sur lequel on peut procéder aux prises de densité, analyses, etc., que réclame le contrôle chimique de la diffusion.

Le rôle du bac mesureur est donc des plus importants dans l'usine, puisque c'est sur lui que doit se concentrer toute la surveillance du contremaître pour diriger le travail de la diffusion, et, d'après l'analyse, le chaulage du jus pour la carbonatation. C'est de cette surveillance que dépend toute la bonne marche de l'usine ; c'est pourquoi nous avons arrêté l'attention de nos lecteurs si longtemps sur ce modeste bac qui tient si peu de place dans la sucrerie.

Parfois, c'est dans le bac mesureur que l'on met la chaux pour la première carbonatation.

La méthode serait bonne si elle n'empêchait pas l'exactitude du contrôle. Aussi vaut-il mieux chauler le jus dans un bac intermédiaire muni d'un malaxeur, ce dernier assurant une égale répartition du lait de chaux dans la masse du liquide.

Une pompe reprend alors le jus chaulé et l'envoie à la carbonatation.

Lorsque le bac mesureur est en charge sur la carbonatation, on écoule directement le jus dans les bacs à carbonater et on chaule dans ceux-ci. Cependant l'em-

ploi d'une pompe est préférable et est même obligatoire aujourd'hui où l'on chauffe le jus avant de l'introduire à la carbonatation.

Les *bacs à carbonater* (fig. 30) ont des formes assez variables. En France, les premiers bacs que l'on construisit étaient carrés, larges et peu profonds comme l'indique le dessin gauche de la figure 30. Le jus occupait une hauteur de 50 à 60 centimètres dans ces bacs. Le gaz carbonique était refoulé dans le jus au moyen de tuyaux perforés formant étoile dans le fond du bac.

Cette disposition est mauvaise, car il est préférable d'avoir une grande épaisseur de jus à faire parcourir par les bulles de gaz carbonique pour utiliser mieux son effet utile.

Aussi, en Autriche, imagina-t-on d'employer des bacs cylindriques très élevés, contenant une grande hauteur de jus. Depuis, on s'est aperçu chez nous que cette disposition était meilleure. On adopte donc aujourd'hui les bacs carrés et profonds (fig. 30 à droite). La forme carrée est préférée parce que les bacs se casent mieux l'un près de l'autre et perdent moins de place. La hauteur de jus est d'un mètre environ.

Pour se débarrasser des mousses qui se forment au commencement de la carbonatation et qui sont tellement épaisses qu'elles débordent des bacs si l'on n'y ajoute un corps gras, on a imaginé des appareils dits *émousseurs*.

Les émousseurs sont de deux sortes : les premiers

employés dits *émousseurs Evrard*, consistent en un rideau de vapeur projeté à la surface du jus et qui rompt les mousses. Cet effet est obtenu au moyen de tuyaux percés de petits trous placés horizontalement au-dessus du liquide. On y fait pénétrer la vapeur à haute pression, qui s'échappe avec force par toutes les ouvertures ensemble.

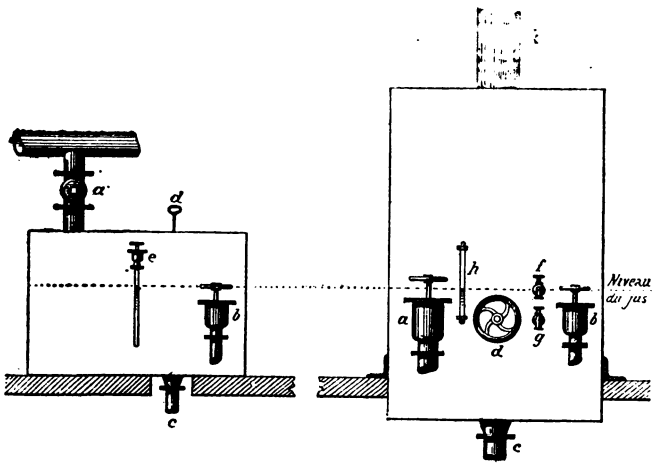


Fig. 30. — Chaudières à carbonater.

On a employé aussi des émousseurs à tourniquet basés sur le principe du tourniquet hydraulique, mais dans lequel on faisait passer de la vapeur.

Ces deux appareils fonctionnent bien, mais dépensent beaucoup de vapeur. On leur a substitué généralement les *émousseurs mécaniques*. Ce sont des arbres mus mécaniquement et garnis de palettes qui battent la mousse et la détruisent.

Mais ce qui vaut mieux que les émousseurs et ce que l'on applique aujourd'hui dans toutes les usines neuves, c'est de garnir les bacs d'une rehausse assez élevée pour que la mousse ne déborde pas. Ces rehausses, qui ont au moins 2 ou 3 mètres au-dessus du jus, sont fermées par un couvercle surmonté lui-même d'une cheminée fort large sortant du toit. On évite ainsi tous les ennuis et les dépenses afférant aux émousseurs. C'est en Autriche que Robert de Seelowitz employa le premier les chaudières rationnelles à grande hauteur de jus et rehausses considérables. Depuis, tout le monde l'a imité.

Tous ces bacs portent à l'intérieur un système de tuyauterie percé de trous, ayant la forme d'un carré, d'un rond ou d'une étoile, et reposant sur le fond, pour l'injection du gaz carbonique. Ils ont en outre un appareil de chauffage composé d'un serpentin de vapeur faisant le tour du bac à l'intérieur. Enfin ils se vident au moyen d'une ouverture ménagée dans la partie la plus basse du fond incliné à cet effet, ouverture fermée au moyen d'un tampon.

La vidange se fait soit dans un bac décanteur, soit dans un bac malaxeur précédant la pompe qui refoule le jus aux filtres-presses que nous décrirons plus loin.

Les bacs de seconde carbonatation ne diffèrent point des premiers. Cependant les émousseurs n'y existent presque jamais ou réduits à leur plus simple expression parce que le jus de seconde mousse bien moins.

Carbonatation continue (fig. 31). — Les chaudières

à carbonater donnent un travail intermittent qui perdrait un temps considérable si l'on n'avait pas une

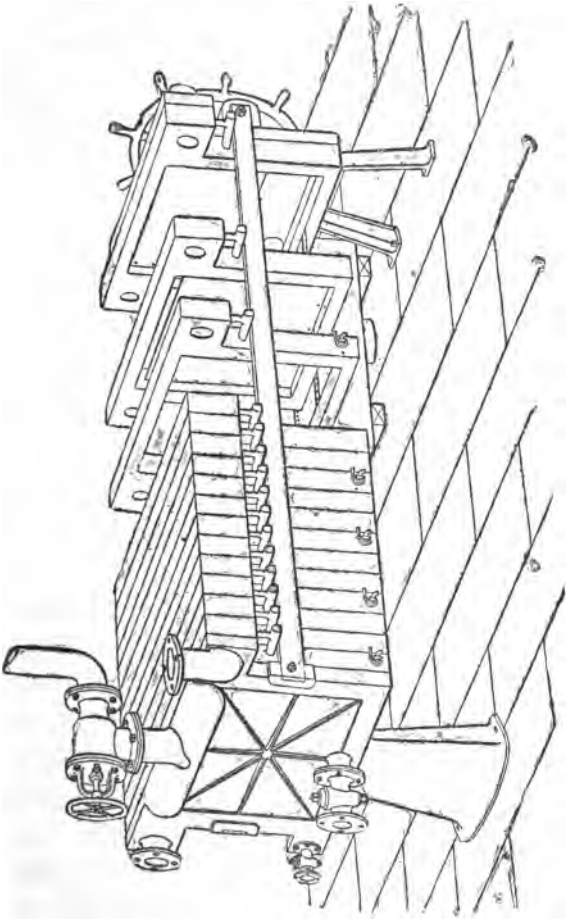


Fig. 31. — Carbonateur continu Horsin-Déon.

nombreuse série de ces chaudières dont deux au moins sont inactives, l'une en charge, l'autre en vidange.

Depuis longtemps on cherche la carbonatation continue. On a fait à cet effet des bacs à débordement, le gaz allant en sens contraire du mouvement du jus. Mais on n'a pas une fixité absolue du degré calcique dans les jus travaillés. On a fait circuler le jus dans des tuyaux en sens inverse du gaz, et l'on est arrivé au même résultat, tellement qu'après tous ces essais aucun n'a subsisté dans les fabriques.

Depuis plusieurs années, nous faisons aussi des essais et l'appareil qui est en activité en ce moment dans deux fabriques donne de très bons résultats.

Sortant des idées de nos prédécesseurs nous avons fait suivre le jus et le gaz dans le même sens, de manière que le gaz s'appauvrisse en acide carbonique en même temps que le jus s'appauvrit en chaux. De la sorte, quand l'appareil est réglé, les petites différences dans le chaulage et la richesse en gaz donnent peu de changement dans le degré calcique du jus.

Cet apppareil, que nous comparons à la boule de Liebig si employée dans les laboratoires, a la forme d'un filtre-presse et présente une série de chambres étroites et succédant à des chambres fort larges, de manière à avoir dans ces dernières des barbotages de gaz très divisé. Le jus chaulé et le gaz arrivent par un bout de l'appareil et sortent épuisés par l'autre.

Quand l'appareil est sali par les dépôts, on le nettoie en le démontant comme un filtre-presse. Mais ces nettoyages sont peu fréquents. D'ailleurs, il occupe fort peu de place comparativement aux chaudières de car-

bonatation ordinaires, et résout un problème longtemps cherché.

Fabrication du gaz carbonique et de la chaux. — Dans le procédé Rousseau on fabriquait le gaz carbonique par la calcination du charbon dans un petit fourneau spécial. Une pompe l'aspirait et le refoulait dans le jus chaulé. On était obligé d'acheter de la chaux ou d'avoir à l'usine un four à chaux.

Mais un jour on fut frappé de l'idée que la calcination du carbonate de chaux dans les fours produisait de l'acide carbonique, et on songea immédiatement à mettre de côté le fourneau de Rousseau et extraire du haut du four à chaux l'acide carbonique qui se dégageait. Depuis lors on ne suit plus d'autre méthode.

Les *fours à chaux* (fig. 32) en sucrerie diffèrent peu de ceux que l'on emploie ordinairement, seulement ils ont des proportions généralement beaucoup plus grandes et ces proportions répondent aux besoins de l'usine. On n'a généralement qu'un seul four par sucrerie, au plus deux, parce qu'il est difficile de régler la marche de plusieurs fours identiquement de même manière.

Le four à chaux adopté en sucrerie est le modèle des *fours coulants*, c'est-à-dire que l'on charge par le haut, et que l'on décharge par le bas au fur et à mesure de la cuisson du calcaire sans pour cela arrêter le four.

Deux méthodes pour chauffer les fours sont usitées. L'une consiste à avoir en bas des foyers sur lesquels on entretient un feu de coke ou de bois permanent. Dans l'autre méthode on charge le coke qui doit entretenir la

combustion avec le calcaire, et il n'y a pas de foyers de chauffage.

Enfin on combine parfois les deux systèmes, ayant à la fois et les foyers de chauffage et le combustible mêlé au calcaire.

Si l'on interroge les fabricants sur le meilleur des trois systèmes, on sort de cette enquête aussi peu avancé qu'avant, chacun louant celui qu'il emploie. D'où il résulte qu'ils sont équivalents. Nous préférons le second qui est le plus simple.

On doit employer comme combustible du coke lavé, aussi exempt de soufre que possible ainsi que de cendres, le soufre faisant de l'acide sulfureux nuisible à la bonne marche de la carbonatation, et les cendres souillant la chaux utilisée plus tard dans le travail.

Le carbonate de chaux doit être également aussi pur que possible. Il doit être compact pour faire des morceaux de chaux bien cuits et ne se délitant pas au sortir du four. Il ne doit pas contenir de magnésie ni d'argile. On casse la pierre à chaux en morceaux de la grosseur des deux poings avant de l'introduire dans le four.

Les charges du four et la vitesse de la pompe à gaz doivent être aussi régulières que possible.

On emploie environ 100 kilogrammes de coke pour 1000 kilogrammes de calcaire. Ces chiffres sont variables avec la bonne construction des fours, et l'habilité du chaufournier.

Le sommet du four à chaux est hermétiquement clos

au moyen d'une trappe ou d'un cône renversé formant

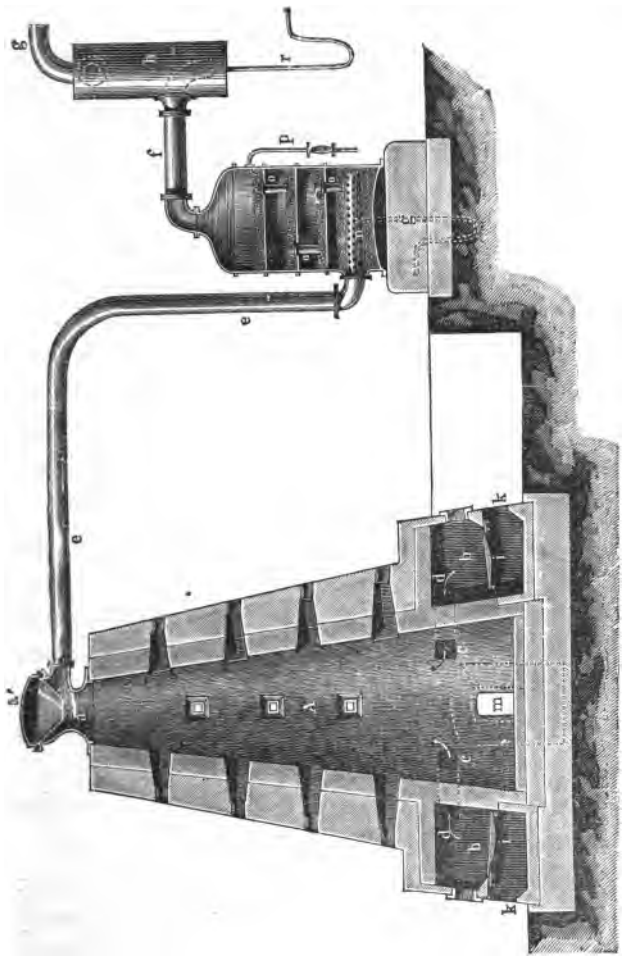


Fig. 32. — Four à chaux et laveur.

bouchon. Au-dessus est un entonnoir dans lequel on introduit la charge de coke et de calcaire. Quand la

charge est prête, on ouvre la trappe, on baisse le cône et l'on referme immédiatement.

Au-dessous de la porte de chargement on a ménagé dans la maçonnerie une petite galerie s'ouvrant au dehors, et sur cette ouverture se branche un tuyau en communication avec une pompe suffisamment forte pour aspirer tous les gaz formés. Suivant la vitesse de la pompe l'allure du four est lente ou vive. On doit donc régler la vitesse de cette pompe pour obtenir une marche normale du four, c'est-à-dire celle où le combustible est brûlé complètement, sans dégagement d'oxyde de carbone par conséquent, et sans qu'il passe trop d'air en excès.

Le maximum de richesse théorique du gaz ainsi obtenu est 44 pour 100 d'acide carbonique. Mais en pratique, cette richesse varie de 20 à 35 pour 100, pas davantage.

Terminons cette description du four en disant que le calcaire et le charbon sont élevés au sommet du four, soit par des *élévateurs* savamment construits, soit par l'emploi d'une simple corde et d'une poulie. Des paniers ou des wagonnets servent à cet usage.

Entre le four et la pompe, le gaz traverse un ou plusieurs *laveurs* qui enlèvent les cendres et poussières entraînées et en même temps opèrent son refroidissement, car il est chaud, et le rendement de la pompe étant d'autant plus grand que le gaz est plus froid on a intérêt à le bien refroidir.

Ces laveurs se composent d'un cylindre vertical,

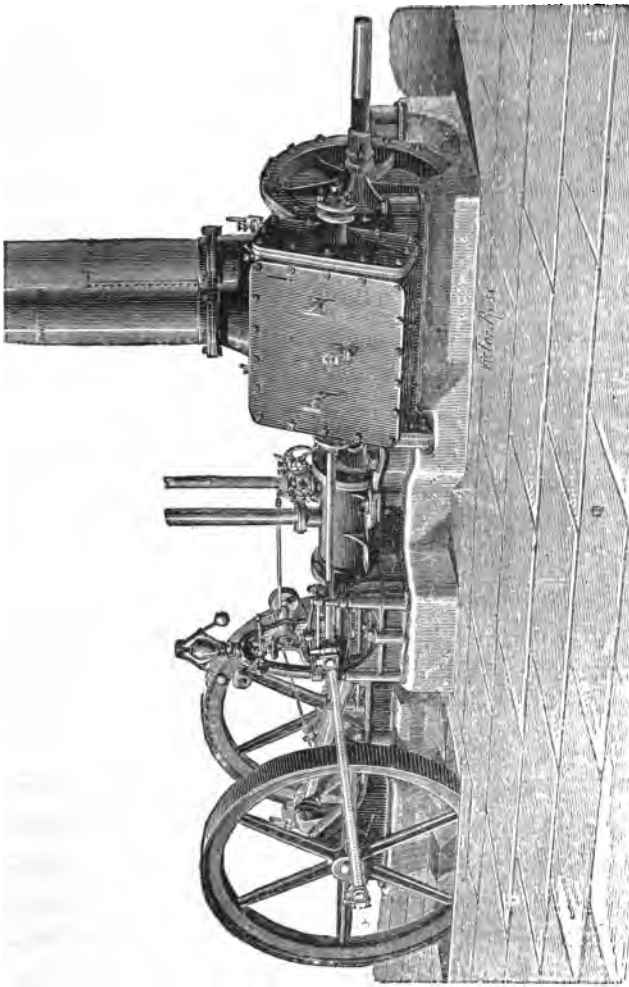


FIG. 33. — Pompe à gaz (Cail).

divisé en compartiments horizontalement par des tôles perforées au nombre de quatre ou cinq selon les dimensions du laveur. Le gaz arrive par en bas et sort par le sommet. Un courant d'eau arrive au contraire du sommet et s'échappe par le bas au moyen d'un siphon.

Les tôles perforées divisent l'eau et le gaz et forcent à un barbotage continu, et de plus dans le compartiment du bas on maintient toujours de l'eau à une certaine hauteur sous laquelle se fait l'arrivée de l'acide carbonique par un tuyau percé de trous.

On met parfois du coke sur les tôles perforées pour mieux diviser les gaz et l'eau.

Entre le four et le laveur, il est bon de mettre sur le parcours du gaz une caisse un peu grande dans laquelle se dépose la plus grande partie des poussières entraînées, et après le laveur, on met encore une autre caisse où se dépose l'eau entraînée fortuitement, et qui sert à régulariser la marche du four, faisant obstacle élastique aux coups de piston de la machine qui se font sans cela sentir sur le laveur et le four lui-même.

La *pompe à gaz* (fig. 33) est un énorme cylindre dans lequel se meut un piston qui ne doit pas marcher trop vite. Cette pompe n'a pas de clapets, mais une distribution à tiroir plan ou cylindrique. Son refoulement se fait directement dans les bacs à carbonater. Mais, comme à certains moments plusieurs bacs peuvent être arrêtés, voire même tous, l'extrémité de la conduite porte un clapet chargé qui se soulève et laisse échapper le gaz

sur le toit lorsque le débit par les chaudières est insuffisant.

La *chaux* est extraite du four, soit par le dessous, soit par le côté suivant le modèle adopté. Elle est en général suffisamment refroidie pour être utilisée immédiatement. Parfois, on est obligé de la laisser refroidir lorsqu'elle sort encore rouge, ce qui prouve une mauvaise confection du four ou une marche anormale.

La chaux est transportée du four dans des bacs carrés peu profonds, où elle est éteinte. Cette extinction se fait en l'humectant d'eau d'abord, puis en la couvrant d'eau jusqu'à fin d'ébullition. Quand la masse est refroidie, elle est en forme de pâte épaisse.

Cette pâte est ensuite transportée dans des malaxeurs qui, dans une bonne installation, doivent être auprès du bac d'extinction. Parfois même, on fait l'extinction dans le malaxeur même.

Les *malaxeurs de chaux* sont des bacs cylindriques dans lesquels tourne un axe vertical muni d'un râteau et de chaînes pendantes qui frottent dans le fond du bac et empêchent la chaux de s'y accumuler. On y met la chaux en pâte et de l'eau, et la rotation du malaxeur en fait un mélange intime qui prend le nom de *lait de chaux*.

Quand le lait de chaux est bien fait, on verse le contenu des malaxeurs dans un tamiseur qui en sépare les pierres et les non-cuits, et l'on obtient ainsi, un lait tout prêt à être employé. On s'arrange de manière qu'il marque 25 degrés à l'aréomètre Baumé, densité qui est

la plus favorable à son emploi. Cela correspond à une teneur en chaux de 25 pour 100 environ, chiffre que l'on contrôle à l'analyse. En supposant cette teneur de 25 pour 100, il faut donc mettre quatre fois plus de lait de chaux que de chaux réelle jugée convenable à la carbonatation. Si donc on veut mettre 2 pour 100 de chaux par hectolitre de jus, on emploie 8 litres de lait de chaux.

La quantité de lait de chaux ajoutée au jus est mesurée au moyen d'un petit bac jaugeur placé au-dessus du malaxeur de jus et du bac de carbonatation que l'ouvrier emplit et vide au moyen de robinets et d'une tuyauterie spéciale provenant du réservoir à lait de chaux dans lequel se trouve un agitateur pour se maintenir toujours au degré.

Tout ce travail de la chaux doit être bien dirigé, car c'est de lui que dépend la bonne marche de la carbonatation. C'est donc une des dépendances de l'usine qui demande la plus grande attention.

Travail des écumes et des jus troubles. — La séparation du précipité calcaire et organique du liquide qui le contient après défécation et saturation du jus par l'acide carbonique a été longtemps un problème difficile à résoudre. Les dépôts de la défécation en effet sont gras et ne filtrent pas sur le papier, l'invention des filtres mécaniques s'adaptait mal à cette opération. D'autre part on ne pouvait songer à la carbonatation qui forme un dépôt volumineux si l'on ne pouvait pas les filtrer mécaniquement. On tournait dans un cercle

vicieux qui longtemps retarda les inventions relatives à l'amélioration de l'épuration du jus.

On se servait en raffinerie d'un filtre à poche, dit filtre Taylor (fig. 34), que l'on chercha à utiliser pour

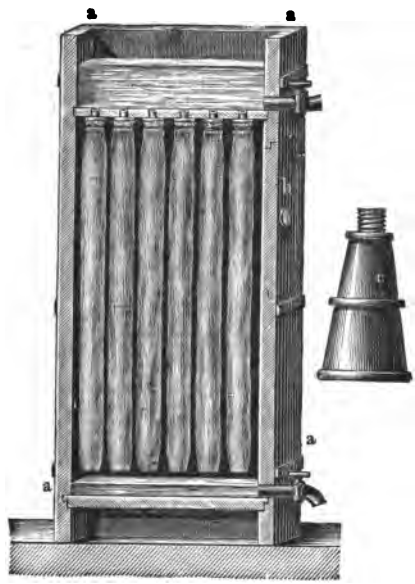


Fig. 34. — Filtre Taylor.

cet usage, mais la filtration était trop longue. Un Anglais, Howard, imagina de mettre la pression sur des filtres maintenus entre des châssis, mais son idée était prématurée. Ce n'est que vers 1853 et 1856 que Teedham et Jams-Kite construisirent des appareils en bois qui purent rendre quelque service. Enfin Danek remplaça le bois par la fonte. Trinks améliora les filtres existants,

et, à partir de 1864, les *filtres-presses* devinrent tout à fait pratiques entre les mains de Hœkner, Rœtger, Durieux, etc. On voit que le véritable filtre-presse naquit en même temps que la carbonatation de Rousseau et de Perrier-Possoz, l'un aidant l'autre dans leur génération réciproque.

Les filtres-presses sont établis aujourd'hui par toutes les maisons de construction à peu près sur les mêmes principes et dans les mêmes dimensions. Il y en a deux modèles dont le plus grand, appelé à sa naissance *filtre-presse monstre*, tend de plus en plus à se généraliser.

Le principe de ces appareils est le suivant : soit un sac en toile carré, enserré sur ses quatre bords dans une double armature ou cadre de fonte qui l'empêche de se déformer. On refoule dans ce sac le liquide boueux sous une pression variant de deux à trois atmosphères. Comme le sac est maintenu en outre sur ses deux faces par des tôles perforées, à un écartement déterminé, le liquide passe à travers les trous des tôles et la boue calcaire reste à l'intérieur, formant un gâteau de la même épaisseur que l'écartement de ces tôles perforées.

On accouple 25 ou 30 et même 50 de ces doubles cadres dans un même appareil formant ainsi un même nombre de sacs dans lesquels on refoule le liquide en même temps, et l'on a ainsi *un* filtre-presse représentant une grande surface filtrante sous un petit volume.

Tous ces sacs sont donc en communication les uns

avec les autres. C'est le mode de communication qui fait surtout varier le système et le fait changer de nom. Les filtres-presses Danek (fig. 35 et 36) étaient composés de la manière suivante :

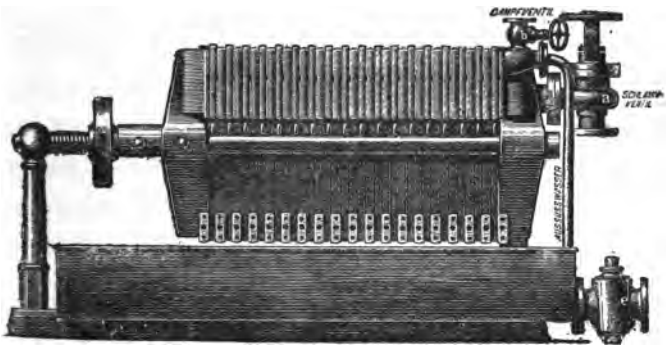


Fig. 35. — Filtre presse (Danek).

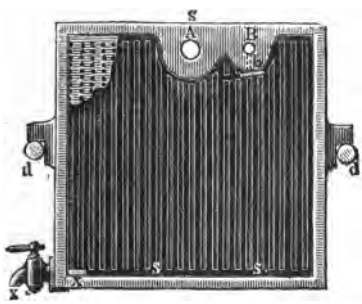


Fig. 36. — Filtre presse (Danek).

La communication d'un sac à l'autre s'établissait par le haut. A cet effet, tous les cadres portaient en haut dans la partie médiane une large ouverture (A, fig. 36). Les toiles portaient un trou en face de ces ouvertures. Alors on

empilait un cadre portant une tôle perforée, puis une toile ou serviette, puis un cadre vide, puis une serviette, puis enfin un cadre muni de sa tôle perforée. Le trou du cadre vide communiquait par des trous plus petits avec l'intérieur, et c'est par là que passait le liquide boueux, et le *tourteau* se logeait dans ce cadre même.

Les cadres à tôle perforée portaient d'ailleurs une de ces tôles sur ses deux faces, en sorte qu'il servait en même temps de dernier cadre d'un sac et de premier cadre de l'autre.

Le *sommier* fixe de la pile servait de premier cadre à tôle perforée, et le dernier cadre qui finissait le montage portait aussi une tôle. Tous ces cadres étaient munis d'une oreille à droite et à gauche, laquelle reposait sur deux pièces de fer horizontales, et le serrage d'une forte vis maintenait le tout en place.

Trinks supprima le cadre intermédiaire en donnant aux cadres qui portent la tôle perforée une forme concave, et alors le trou à écumes était fait dans le centre du plateau et des serviettes. Celles-ci faisaient joint étanche avec les cadres au moyen des gros écrous au centre desquels passait la boue. Le reste de l'installation restait le même.

Le modèle imaginé par Dehne est le plus usité aujourd'hui et la plupart des filtres-presses actuels sont des imitations de ce type.

Il est composé comme le filtre Danek ; seulement tous les cadres portent en haut et sur le côté une oreille

dans laquelle se trouve l'ouverture par laquelle passe le liquide boueux. Une manchette en toile de même épaisseur que les serviettes fait le joint des oreilles les unes contre les autres. Aujourd'hui ces joints sont assurés par des viroles en caoutchouc enchâssées dans la fonte.

Les plateaux des petits filtres-presses ont 600 à 700 millimètres de côté et sont au nombre de 25 à 30. Ils peuvent contenir jusqu'à 500 kilogrammes d'écumes.

Les plateaux des grands filtres-presses ont 1 mètre de côté. Ils forment 80 à 100 compartiments. On a construit en Autriche des filtres-presses doubles à 160 ou 200 compartiments qui ne sont que deux filtres-presses accolés bout à bout.

La fermeture de ces filtres-presses monstres, au lieu de se faire par une simple vis, qui ne serait pas assez puissante, s'effectue soit par une pression hydraulique, soit par un système de double bras de levier actionnés eux-mêmes par un vis de rappel.

La pression des écumes dans les filtres-presses se fait de deux manières, soit au moyen d'un *monte-jus* (fig. 37), soit au moyen de pompes appropriées.

Le monte-jus est un cylindre résistant dans lequel on reçoit les boues. Un tuyau, en communication avec l'intérieur du filtre-presse plonge jusqu'au fond du cylindre. Quand le cylindre est plein, au moyen d'un robinet placé à la partie supérieure, on y établit la pression de la vapeur de l'usine. Sous l'influence de cette pression, la boue monte dans le tuyau, et emplit

le filtre-presse. On peut donc chasser ainsi tout le contenu du cylindre qui se remplace par un égal volume de vapeur.

Quand tout le liquide est parti, on ferme l'arrivée de vapeur, on ouvre un petit robinet latéral qui laisse partir toute la vapeur contenue dans le cylindre, et l'on emplit de nouveau le monte-jus avec les écumes, pour recommencer la même manœuvre. Avec deux monte-jus on a un travail ininterrompu dans les filtres-presses.

Or, les monte-jus perdent beaucoup de vapeur. Aussi leur a-t-on substitué des pompes. Mais celles-ci doivent entretenir une pression régulière dans les filtres-presses ne dépassant pas une limite déterminée.

Pour arriver à ce résultat on emploie deux moyens :

Le premier consiste à construire la pompe de telle sorte que le rapport entre le cylindre à vapeur et le cylindre de la pompe soit tel, que la machine devienne impuissante lorsque la pression derrière les pistons de la pompe arrive au degré voulu.

L'autre moyen emploie un régulateur sensible pour l'admission de la vapeur de la machine, régulateur qui ferme cette admission quand la pression dans le filtre-presse est celle que l'on désire.

Dans les machines bien construites on combine ces deux moyens pour obtenir un réglage certain sans crainte d'accident. De plus la pompe est double ; il y a ainsi deux cylindres à vapeur, et le même arbre sert aux deux couples qui sont calés sur cet arbre de telle

sorte que, si l'une des machines est au point mort, l'au-

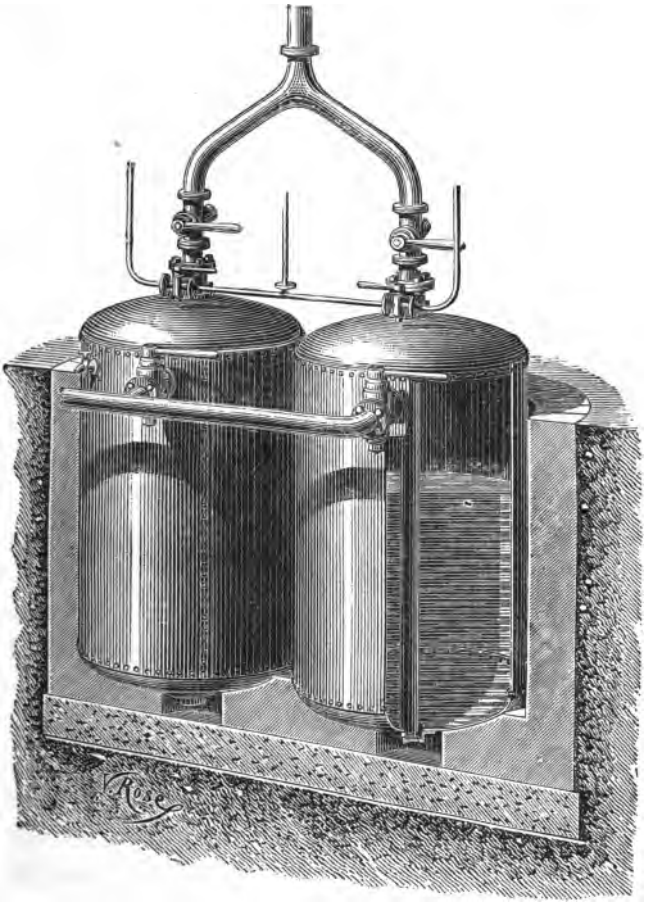


Fig. 37. — Monte-jus (Cail).

tre soit en pleine activité. De la sorte, la machine ralentit, s'arrête même parfois, mais repart seule

aussitôt que la pression baisse dans les filtres-presses.

L'une des questions intéressantes dans le filtre-presse, c'est ce qu'on appelle le *lavage des écumes*. En effet les tourteaux sont mouillés de jus et conséquemment contiennent encore beaucoup de sucre. Il est nécessaire d'enlever le plus possible de ce sucre.

Le lavage se fait de deux manières, soit dans le filtre-presse même, soit en malaxant les écumes avec de l'eau dans un récipient séparé et les repassant aux filtres-presses.

Le premier moyen est le plus usité. La disposition la plus généralement répandue consiste à envoyer de l'eau sous pression dans l'espace par lequel s'écoule le jus pendant la première période du travail, et à recueillir le liquide écoulé par le cadre contenant les écumes. A cet effet tous les cadres ont des robinets en bas. Au commencement on ferme tous ceux correspondant aux cadres à écume et on ouvre les autres. Pendant ce lavage c'est le contraire. Ces robinets, pour faciliter la manœuvre, ont des clés de différentes hauteurs, en sorte que l'on ne peut se tromper.

En général on fixe d'avance la quantité d'eau à envoyer dans le filtre-presse pour opérer le lavage. D'autres fois on lave jusqu'à ce que le liquide tiré ne marque plus qu'un degré à l'aréomètre. Cela dépend des usages et des besoins des usines. Les eaux de lavage sont envoyées à la seconde carbonatation. Parfois les dernières portions du liquide servent à l'extinction de la chaux.

Nous avons décrit les filtres-presses dans leurs grandes lignes. Une foule de détails accompagnent les différents modèles, suivant qu'ils sortent d'une maison ou d'une autre. Nous n'insisterons pas davantage, en rappelant que, en genéral, les bons fabricants font les bons outils. Tel système est préféré à tel autre par les uns, tandis que les autres portent leurs préférences sur les modèles dont ne veulent pas les premiers. Chacun a ses aptitudes, et comme le choix est grand, il y en a pour tous les goûts. Il est donc impossible de dire quel est le meilleur des filtres-presses, tant au point de vue de la filtration que du lavage.

Le second moyen de lavage des écumes par *malaxage* consiste à recueillir les écumes des filtres-presses de première carbonatation non lavées dans un réservoir au fond duquel tourne un malaxeur. On y ajoute de l'eau et on renvoie dans une nouvelle batterie de filtres-presses. Parfois on fait ce malaxage dans les jus de seconde carbonatation, de manière que le carbonate de chaux, qui se filtre bien plus facilement que celui de la première, s'ajoutant aux boues de première, le tourteau est beaucoup plus sec et plus facile à laver ensuite dans le filtre presse. Comme les systèmes de malaxage demandent des filtres-presses supplémentaires et que le lavage dans l'appareil même n'offre que des difficultés relatives, par exemple quand les betteraves sont mauvaises ou la carbonatation défectueuse, le procédé par malaxage, quoique donnant de très bons résultats quand il est bien conduit, est fort peu usité.

La vidange des filtres-presses se fait en desserrant les cadres et faisant tomber les tourteaux d'écume entre les pieds du bâti en procédant au raclage de toutes les serviettes à tour de rôle. Quand le tourteau est bien sec et bien lavé, le travail est facile et demande peu de main-d'œuvre. Mais lorsque la carbonatation a été mauvaise, les boues sont gluantes, se lavent mal et collent après les serviettes. L'inspection des tourteaux indique donc à elle seule si l'usine est en bonne ou mauvaise marche.

Le plancher des filtres-presses (fig. 38) est en général au-dessus d'un autre plancher sur lequel roulent les wagonnets d'un petit chemin de fer. De la sorte, en laissant une ouverture entre les pieds des appareils, les boues tombent directemeut dans les wagonnets.

Les boues du filtre-presse, connues aussi sous le nom impropre aujourd'hui d'écumes de sucrerie, sont de très précieux amendements pour certains terrains argileux auxquels ces boues donnent de la légèreté. Elles sont aussi un engrais, car elles contiennent 3 à 4 pour 100 d'azote, 4 à 5 pour 100 de phosphate, 8 à 10 pour 100 de matière organique. Malheureusement elles sont très encombrantes et tous les pays betteraviers n'en ont pas besoin pour la culture. En tout cas, l'écoulement en est long, et le fabricant doit les conserver jusqu'à l'automne, époque où la culture en prend livraison.

Le magasin à écumes est donc une des nécessités de toute sucrerie. Voici comment est installée, à cet effet, la décharge des wagonnets.

On s'arrange de manière que le plancher sur lequel

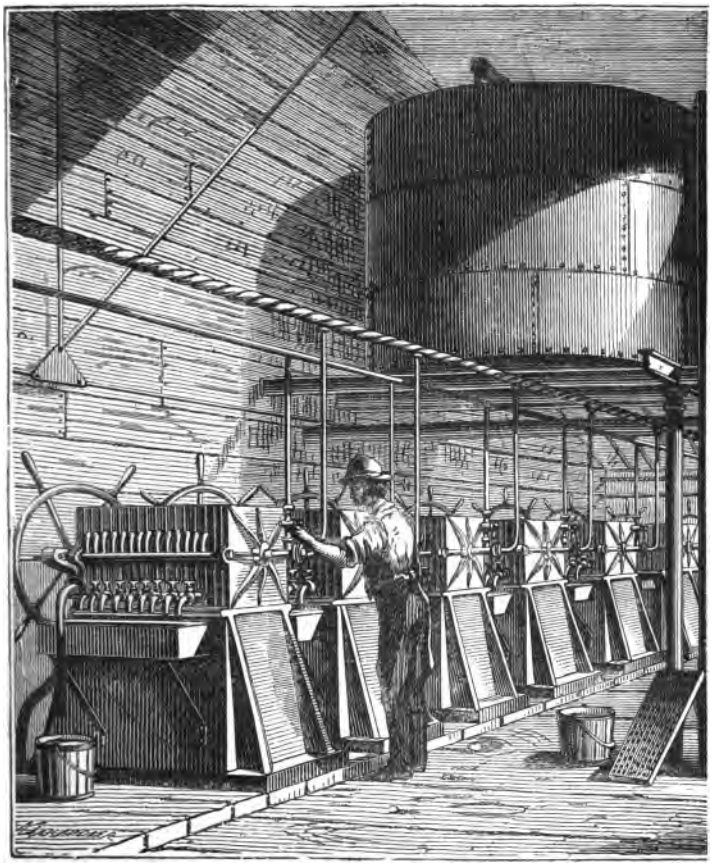


Fig. 38. — Vue générale d'un atelier de filtres-presses.

ils roulent soit à 4 ou 5 mètres au-dessus du sol, plus s'il se peut. La voie est continuée hors l'usine sur

une estacade soutenue solidement et s'étendant assez loin au-dessus d'une grande cour. On décharge les wagonnets du haut de l'estacade, et la boue forme petit à petit une montagne au pied de l'estacade dont les dimensions doivent être calculées pour qu'on puisse décharger toutes les écumes formées pendant la campagne. Ces tas d'écume entrent en fermentation butyrique et sentent fort mauvais. C'est l'un des côtés gênants du voisinage des sucreries.

Filtration. — Les jus sortant des filtres-presses, tout en paraissant très limpides, ne sont pas tout à fait exempts de matières entraînées, d'autant plus que les toiles sont à texture un peu lâche, qu'il est rare qu'il n'y en ait pas qui soient légèrement altérées, soit qu'elles soient vieilles, soit qu'elles présentent des trous plus ou moins gros, et qu'enfin, à la mise en route d'un filtre-presse, la première portion de jus coule toujours légèrement trouble. Comme tous ces liquides sont réunis, l'ensemble n'est pas absolument clair.

Nous avons dit que les écumes entraînées de la première à la seconde carbonatation sont autant d'impuretés qu'on rentre dans le jus, ces écumes se dissolvant sous l'action de l'acide carbonique. Si les jus sortant de la seconde carbonatation vont directement à l'évaporation et s'ils sont louches, ils salissent les appareils et les sirops. Tous ces liquides ont besoin d'être filtrés.

Filtres à noir. — Dans le procédé de la défécation les jus étaient alcalins par la chaux que l'on mettait parfois en léger excès, ils étaient de plus assez colorés.

La chaux nuisait à la cuisson et à la cristallisation ultérieure, et la coloration ne permettait pas l'obtention de beaux sucres.

Vers 1800, on découvrit au charbon la propriété remarquable de décolorer les liquides chargés de couleur organique. En 1811, Figuier remarqua que le noir animal était un décolorant beaucoup plus puissant que le charbon de bois. En 1812, Derosne appliqua cette propriété du charbon d'os à la sucrerie et à la raffinerie afin d'épurer les liquides sucrés

Jusqu'en 1828, on employa le charbon d'os à l'état de poudre fine que l'on mélangeait au liquide à décolorer, jus ou sirop, et l'on faisait bouillir le tout avec de l'albumine, sang ou blancs d'œufs. L'albumine en se coagulant saisissait le noir dans son réseau. On passait le tout dans des poches en toile que l'on pressait ensuite.

Mais à cette époque, à la suite des travaux de Payen, Dumont construisit des filtres qui étaient des cylindres ouverts (fig. 39), de 4 à 6 mètres de haut dans lesquels on introduisait le noir animal, non plus en poudre, mais en petits morceaux simplement concassés. Le jus, en passant sur ces filtres, se décolorait tout aussi bien que mélangé à la poudre. On évitait ainsi l'emploi de l'albumine et des sacs, et de plus le noir animal se trouvait sous une forme qui permettait sa revivification. Car Payen avait reconnu que, en remettant au four le noir ayant ainsi servi, ce noir reprenait ses propriétés premières.

Dès ce jour, la sucrerie et la raffinerie étaient en possession d'un système d'épuration tout à fait industriel, puisque le noir pouvait servir presque indéfiniment, et

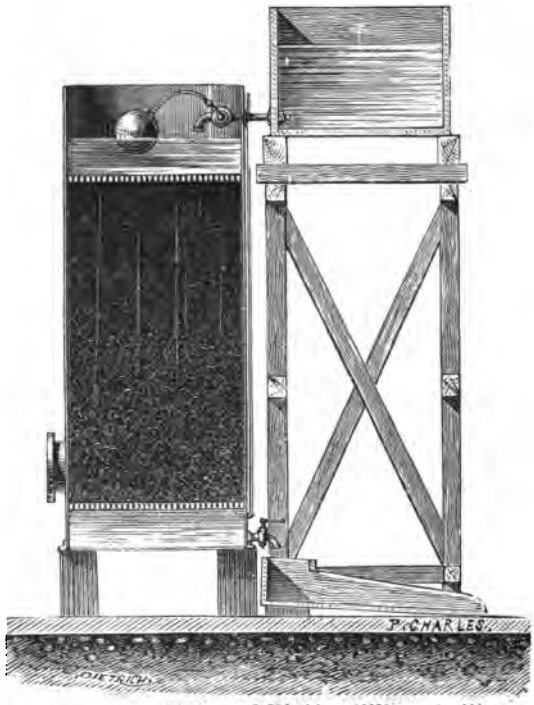


Fig. 39. — Filtre ouvert.

que l'installation des filtres permettait un emploi facile de la matière épurante. De plus, des fours à revivifier prirent naissance nombreux et perfectionnés.

On peut dire que l'emploi du noir animal fut un tel progrès en sucrerie, que ce fut grâce à lui que cette

industrie prit son premier essor et que le procédé Rousseau put réussir dans nos usines.

Outre son pouvoir décolorant, le noir animal possède une *affinité* spéciale pour les substances minérales qu'il retient au passage dans les solutions. Ainsi une solution sucrée contenant un peu de chaux, et filtrée sur le noir en grain, sort du filtre dénuée de chaux, celle-ci ayant été absorbée par le noir. Il en est de même, mais en moindre proportion, pour les solutions salines, et un peu pour le sucre.

Par conséquent, les filtres à noir, non seulement sont décolorants, mais encore ils sont épurants pour les jus chargés de sels minéraux, surtout de sels organiques.

On conçoit donc quel auxiliaire précieux était le noir pour les méthodes anciennes de travail moins précises que celles employées aujourd'hui. Aussi fut-il généralisé dans toutes les sucreries et les raffineries qui l'employèrent sans compter, puisque seul il permettait d'obtenir des jus suffisamment purs pour cristalliser vite et donner un grand rendement.

Cependant, lorsque vint la double carbonatation Périer-Possoz, système parfait d'épuration chimique, on put diminuer dans de vastes proportions l'emploi du noir. Bien plus, dans certaines usines où la carbonatation était bien faite, le noir était réduit à si peu de chose, qu'il n'opérait plus guère que comme filtre mécanique pour arrêter les impuretés en suspension.

Alors naquirent les *filtres mécaniques* proprement dits qui sont si perfectionnés aujourd'hui que le

noir n'a plus sa raison d'être, et qu'il a presque disparu complètement de notre industrie. A peine quelques sucreries le gardent-elles encore dans les pays étrangers où la carbonatation n'est pas si bien conduite qu'en France, mais un jour prochain viendra où le noir animal ne sera plus qu'un souvenir, comme tant d'autres procédés qui ont eu leur moment de gloire en leur temps.

Néanmoins, la raffinerie qui a besoin de faire des clairces tout à fait blanches continue à l'employer, il n'y a plus que là qu'on le trouve aujourd'hui.

Nous allons décrire les méthodes de fabrication d'emploi et de revivification du noir, car il est utile de les connaître quoique tombées en désuétude.

Le *noir animal* se fabrique par la calcination, à l'abri de l'air, des os des animaux et de préférence des os longs, tibia, fémur. Les os de bœuf sont les meilleurs, mais on utilise aussi ceux du cheval et du mouton.

Les os de boucherie bouillis sont les meilleurs, par conséquent ceux provenant de l'économie domestique.

Les os sortant des fabriques de gélatine sont bien inférieurs à cause du traitement qu'ils ont suivi. On doit les rejeter ; les os spongieux, les têtes de fémur par exemple, doivent être complètement mis de côté. Cependant, les fabricants de noir en laissent une certaine quantité qu'ils parviennent à faire passer avec le reste.

Ces os, concassés au préalable, sont introduits dans des pots absolument cylindriques et à fond plat, que

l'on superpose dans des fours formés de quatre murs, sans autre issue qu'une petite entrée d'air, réglable d'ailleurs, et une cheminée. La porte, qui sert à l'ouvrier pour empiler les pots dans cette chambre close, est murée lorsque le four est chargé.

On allume d'abord un petit feu de bois sous les premiers pots qui se présentent auprès de la prise d'air. Ces pots, en chauffant, laissent dégager des gaz qui s'enflamment. Dès lors, tout le four s'échauffe de proche en proche par la combustion des gaz qui s'échappent de tous les pots successivement, et quand la combustion est terminée, on laisse refroidir, et on retrouve dans les pots les os avec leur forme primitive, mais entièrement noirs dans toute la masse. C'est le noir animal.

On broie ces os dans des concasseurs qui les mettent en petits morceaux gros comme une noisette au maximum, on tamise la poussière qui est vendue à la raffinerie comme noir fin, et les morceaux plus gros servent à la sucrerie et à la raffinerie pour garnir les filtres.

Ce noir animal contient environ 10 à 11 pour 100 de charbon, 75 à 80 pour 100 de phosphate de chaux, 8 pour 100 de carbonnate de chaux et quelques sels solubles et insolubles.

La présence de ces sels oblige donc à laver le noir neuf à l'eau chaude avant de s'en servir, sans quoi ils altéreraient le jus en s'y dissolvant. Aussi, le noir, revivifié une fois, est-il toujours meilleur que le noir neuf.

On fabrique aussi le noir en distillant les os dans des

cornues semblables aux cornues à gaz. Ce procédé a l'avantage de fournir outre du gaz d'éclairage, une certaine quantité de sels ammoniacaux que l'on recueille et qui vient en déduction du prix de fabrication.

Il faut environ 1500 kilogrammes d'os pour faire 100 kilogrammes de noir animal.

Les *filtres à noir* sont de deux sortes : les filtres ouverts (fig. 39), ou les filtres clos (fig. 40).

Les filtres ouverts ou filtres Dumont sont de grands cylindres de 3 ou 4 mètres de haut, avec un diamètre de 80 centimètres à 1 mètre. Tout au bas et latéralement le cylindre est percé d'une ouverture carrée fermée au moyen d'une porte en fonte reposant sur un joint en caoutchouc contre lequel elle est serrée par une vis de pression. Une tôle perforée occupe le fond.

Pour charger le filtre, on met une toile grossière sur la tôle perforée, on ferme la porte, et on emplit le filtre jusqu'en haut avec du noir. Sur le noir, on met de nouveau une toile. Le jus ou le sirop coulent par un robinet sur cette toile, mise là pour éviter que le liquide creuse dans le noir et le forcer à se répandre sur toute la surface. Le jus qui a passé sur le noir s'échappe au bas du filtre par une ouverture ménagée sous la tôle perforée à l'opposé de la porte et sur le même diamètre. Un tuyau boulonné sur cette ouverture remonte le long du filtre verticalement et se recourbe en col de cygne aux deux tiers de la hauteur. De la sorte, le jus coule doucement, sous une petite charge et le filtre est toujours plein. D'ailleurs, un robinet règle l'écoulement. Le col de

cygne est mobile autour de l'axe du tuyau, de manière à

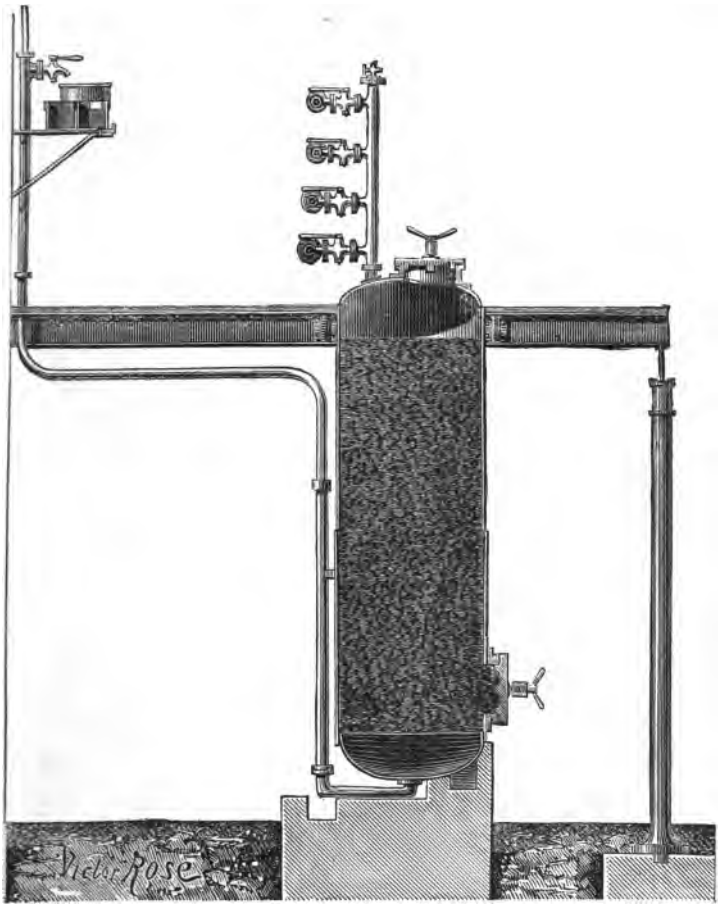


Fig. 40. — Filtre clos (Cail).

pouvoir permettre l'écoulement dans une des trois

nochères parallèles qui courent tout du long de la batterie de filtre, l'une pour le jus, l'autre pour le sirop, l'autre pour les petites eaux de lavage.

On met ainsi en ligne plusieurs filtres selon l'importance de l'usine, les uns marchant pour le jus, un pour le sirop, un en lavage ou en vidange, un en emplissage.

Pour vider le filtre, on écoule les dernières eaux par un robinet ménagé au bas, et l'on enlève le noir sale par la *porte de vidange* latérale.

Les filtres clos sont des cylindres en général plus hauts et de diamètre plus petit que les filtres ouverts, ayant au bas une porte de vidange, un double fond et un tuyau de sortie comme les précédents. La partie du haut est formée par une pièce en fonte sur laquelle se trouve une porte horizontale hermétiquement close comme celle du bas, et une tubulure pour l'admission du liquide à filtrer.

L'avantage des filtres clos est de pouvoir travailler sous pression, ce qui assure l'emplissage constant des filtres, un écoulement régulier sans crainte de débordement, de telle sorte qu'il suffit de régler le robinet du bec de cygne pour obtenir l'écoulement que l'on désire, tandis qu'avec les filtres ouverts, on doit nécessairement régler le robinet d'arrivée de jus en même temps que celui de vidange. Enfin, si la filtration d'un seul filtre est insuffisante à l'épuration, on peut diriger le liquide d'un filtre sur un second et même un troisième, doublant et triplant ainsi la hauteur de noir sur

laquelle on fait passer les jus et sirops. Aujourd'hui, les filtres clos sont seuls usités en sucrerie comme en raffinerie.

En bonne fabrication, on doit avoir des filtres servant spécialement au jus, et d'autres uniquement pour le sirop. En effet, on a reconnu que le noir ne se comporte pas tout à fait de la même manière avec les liquides légers et avec ceux qui sont denses, étant plus efficaces sur les derniers que sur les premiers.

Malheureusement, les fabricants ont pris une habitude déplorable au point de vue de l'épuration du jus sous un prétexte d'économie mal raisonnée. Lorsqu'un filtre a travaillé pour le sirop, pour chasser le sucre restant dans ce filtre, ils passent du jus par dessus le sirop, et ce même filtre continue avec le jus tant qu'il coule limpide. Cette méthode a l'inconvénient de redissoudre dans le jus une partie des impuretés laissées par le sirop sous l'influence de sa grande densité. L'analyse le démontre péremptoirement. Mais autrefois, les chimistes de sucrerie étaient tellement rares qu'il n'est pas étonnant que des méthodes vicieuses se soient introduites dans cette industrie. Aujourd'hui, le noir a presque complètement disparu des sucreries, et là où il est resté on a réformé ce processus défectueux.

Quand un filtre commence à laisser passer le jus ou le sirop non limpide, on l'arrête, on le *dégraisse* avec de l'eau jusqu'à ce que celle-ci ne marque plus qu'1 degré à l'aréomètre et on le vide. Ces eaux de lavage sont impures. Aussi n'en envoie-t-on que les

premières parties au travail, le reste servant à la râpe ou à la diffusion, aux écumes ou à la chaux.

Nous n'insisterons pas sur ce point, puisqu'il n'en est plus question en sucrerie.

Le noir est sorti des filtres pour aller à la revification.

La *revivification* du noir se fait par un procédé chimique suivi d'une calcination en vase clos.

Le noir, après avoir servi, contient une grande quantité de carbonate de chaux, des sels organiques de chaux, des matières azotées et des matières non azotées, enfin des sels solubles et insolubles.

On reçoit le noir, au sortir des filtres, dans de grandes cuves en bois ou en maçonnerie, on le couvre d'eau et on y ajoute de l'acide chlorhydrique. Celui-ci dissout la chaux, met en liberté l'acide carbonique et les acides organiques, décompose certains sels, et rend au noir toute sa porosité première enlevée par les substances qu'il avait absorbées.

Dans certains pays, comme en Russie, au lieu de mettre de l'acide qui coûte cher, on préfère laisser un peu plus de sucre dans le noir, de telle sorte qu'au bout de peu de temps les cuves entrent en fermentation. L'acide carbonique qui se dégage, se fixant sur le carbonate de chaux, le met à l'état de bicarbonate soluble, et agit sur les sels organiques de chaux de la même manière, et quand la fermentation alcoolique est terminée, la réaction lactique commence, achevant l'épuration chimique. Ces cuves en fermentation sentent horrible-

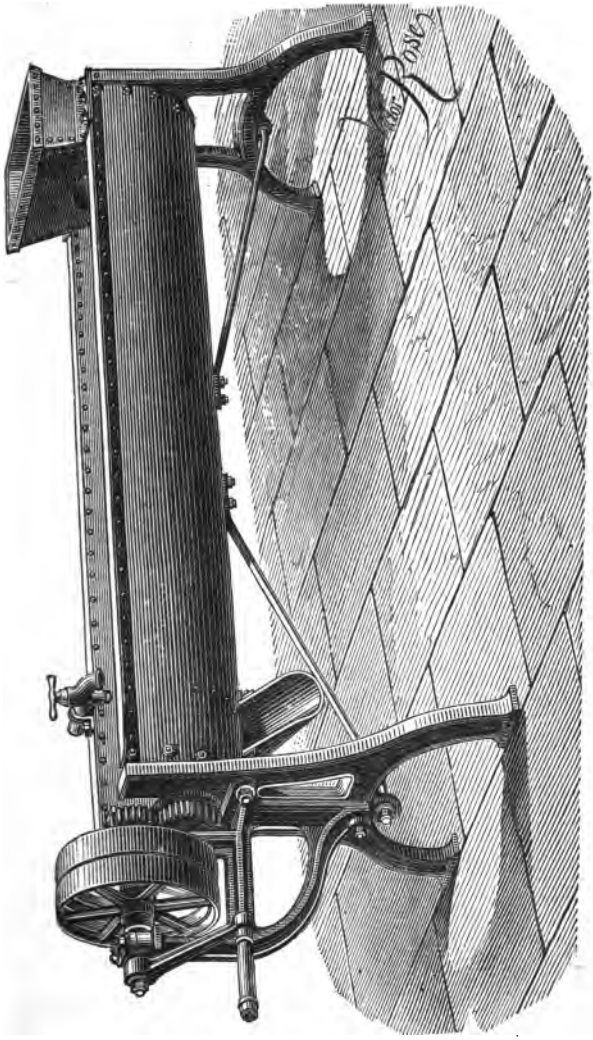


FIG. 41. — Laveur à noir à hélice (Cail).

ment mauvais. Là où l'acide chlorhydrique est d'un prix abordable, on préfère l'employer.

Le noir lavé à l'acide est tiré des cuves, et lavé à grande eau dans un *laveur* dont plusieurs variétés existent différant parfois sensiblement les unes des autres.

Les laveurs étaient en principe des vis d'Archimède assez rudimentaires, tournant dans une nochère légère-inclinée et faisant remonter le noir de bas en haut, tandis qu'un courant d'eau allait de haut en bas (fig. 41).

Un autre laveur très répandu consiste en un cylindre horizontal (fig. 42) portant des obstacles à l'intérieur et tournant sur son axe. Le noir arrivé à l'intérieur est roulé dans le cylindre en présence d'un courant d'eau allant en sens inverse, et sort lavé à l'extrémité opposée. Ce système est meilleur que le premier, parce que le noir y est moins abîmé. Il existe plusieurs constructions de ce modèle fort usité, tant en Allemagne qu'en France et autres pays betteraviers.

Enfin, un laveur fort original, consistait en une série de râteaux en forme de main, qui relevaient le noir d'étages en étages dans une espèce de nochère inclinée divisée par des cloisons en une série de compartiments successifs.

Quel que soit le système, il donne indépendamment du noir de forme et dimension normale, plus ou moins de noir fin qui est séparé par l'eau et vendu comme engrais.

Le noir lavé à l'eau comme nous venons de le décrire, puis à la vapeur dans des cylindres où on le soumet à

la pression des générateurs pendant quelques instants, ce qui le nettoie encore quelque peu, est porté dans les fours à revivifier, dont le rôle va être de brûler en vase clos les matières organiques qu'il contient.

Il existe un grand nombre de variétés de *fours à noir :* ils consistent tous essentiellement en cornues de fonte inclinées ou verticales, disposées sur deux rangs dans un fourneau (fig. 43 et 44). La tête de ces cornues sort du fourneau et affleure au dessus de la maçonnerie qui est recouvèrte d'une grande plaque de fonte en plusieurs morceaux, présentant autant d'ouvertures que de cornues. L'extrémité inférieure est fermée par une porte mobile, tiroir, boisseau tournant, clapet ou autre.

On met le noir humide sur la plaque de fonte recouvrant le four. Celui-ci étant échauffé à une température telle que les cornues qui le traversent soient portées à la couleur du rouge cerise, l'eau s'évapore lentement. Alors on pousse ce noir sec dans les cornues, et quand on juge que le travail de revivification est suffisant, on vide les cornues dans des vases spéciaux ou des brouettes pour porter le noir au magasin afin qu'il serve à nouveau. Pour que le travail soit bien fait, on vide les cornues par petites portions successives, à intervalles de temps réguliers, et on les remplit par le haut au fur et à mesure des tirages.

Le noir revivifié est un peu plus compact que le noir neuf, parce que la température rouge à laquelle il a été porté fait fondre certaines parties plus sensibles à la chaleur que d'autres. Il en résulte qu'après un certain

nombre de revivifications, le noir ne vaut plus rien, il est usé. A cet etat, on n'a plus que la ressource de le vendre

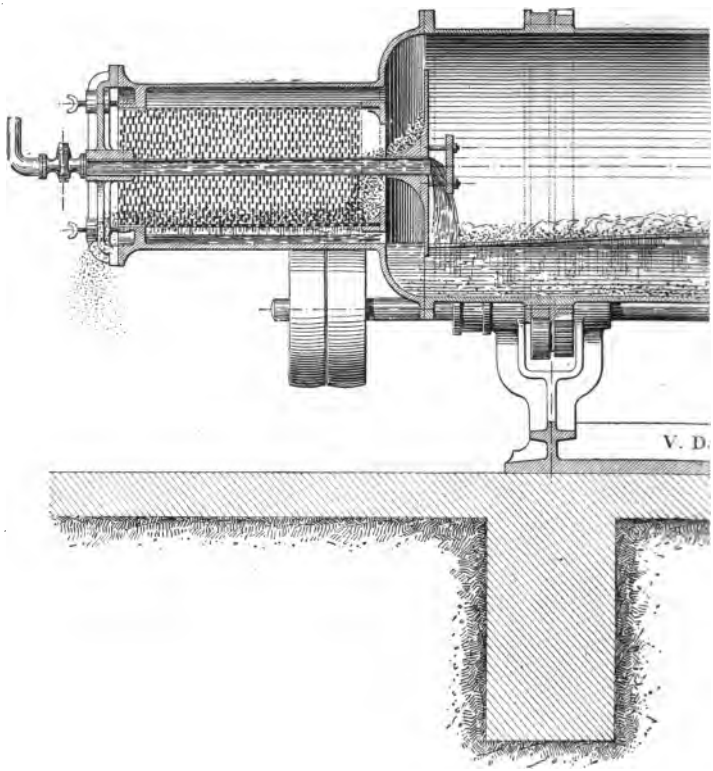
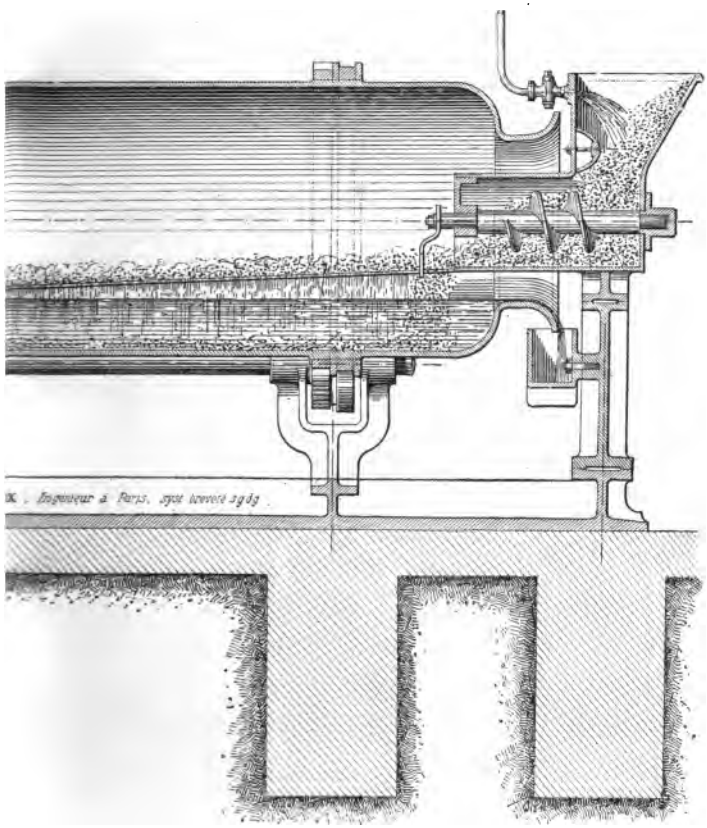


Fig. 42. — Laveur à noir

comme engrais à la culture qui en est très friande, à cause des phosphates qu'il contient en grande abondance.

Telle est en quelques mots l'histoire du noir animal,

qui était fort encombrant dans les usines, coûtait fort cher, et donnait généralement peu de résultats au point



rotatif à chute libre (V. Daix).

de vue épuratoire, parce qu'on n'en employait pas assez. Tellement que certaines usines, s'étant aperçues du peu d'effet qu'il produisait, ne s'en servirent presque plus

que comme filtration mécanique pour arrêter les im-

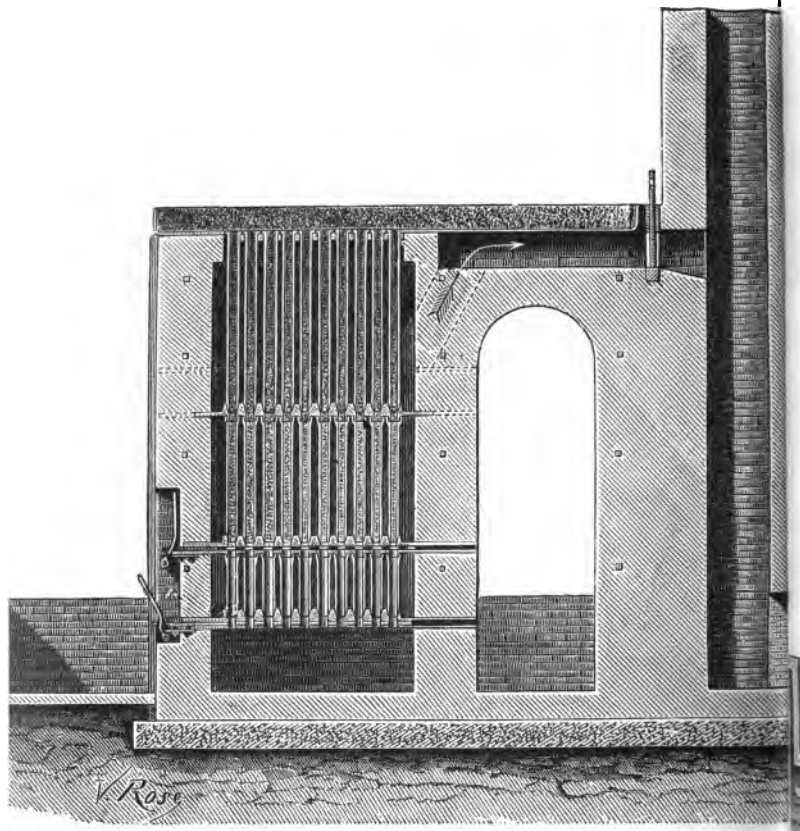


Fig. 43. — Four à revivifier le noir, à 20 tuyaux rectangulaires (Cail).

puretés en suspension. C'est alors que parurent les *filtres mécaniques* proprement dits qui ont détrôné le noir animal.

Filtration mécanique. — La filtration mécanique

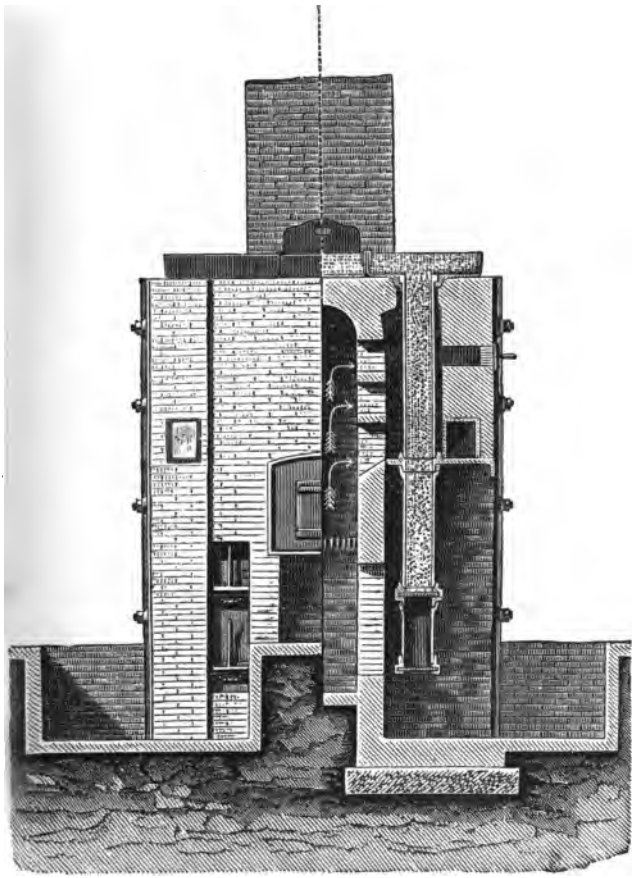


FIG. 44. — Four à revivifier le noir, à 20 tuyaux rectangulaires (Cail).

a commencé, avons-nous dit, par l'emploi du noir

en faible quantité, noir vieux ordinairement, n'ayant plus que la couleur pour indiquer son origine, sans porosité ni effet chimique.

Aussi chercha-t-on à le remplacer par du sable grossier. Le gravier eut peu de succès, et les recherches dans ce sens ne durèrent pas longtemps, car bientôt parurent les *poches Puvrez*, en 1884-85.

On a reproché aux poches Puvrez de n'être qu'une imitation des antiques filtres Taylor. Mais il est à remarquer que les filtres Taylor essayés en sucrerie n'ont jamais donné de bons résultats, tandis que M. Puvrez, en faisant couler les jus louches dans des boyaux d'étoffe ayant la forme de poches sans aucune garniture extérieure, et sous une faible pression, à peine 1 mètre à $1^{m},50$ de hauteur de liquide, est parvenu à donner à ces jus une limpidité inconnue jusqu'à ce jour avec ce genre de filtration si simple. Il y avait là une nouveauté qui fit grand bruit. Le secret de M. Puvrez avait consisté dans le choix très étudié de l'étoffe filtrante, tissu croisé fabriqué spécialement pour cet usage et répondant parfaitement aux besoins de la filtration.

Dès lors la *filtration mécanique* entrait dans une voie nouvelle qui ne tarda pas à se perfectionner, au point de vue de la construction même de l'appareil, mais en utilisant toujours le même genre de tissu,

Les poches Puvrez étaient de simples boyaux d'étoffe de 2 à 3 ou 4 mètres de long, fermés par un bout, reliés par l'autre à la douille d'un robinet. La poche était couchée dans une nochère et reposait sur un gril-

lage en fil de fer qui l'isolait du fond de la nochère. Plusieurs poches étaient disposées ainsi côte à côte, chacune dans un compartiment semblable, et recevaient les jus des filtres-presses réunis dans un bac légèrement en charge. Les poches s'emplissaient de jus, formant un gros boyau, et suintant sur toute sa surface un liquide parfaitement clair. Il est à remarquer de suite qu'il ne faut pas, avec un pareil tissu, envoyer dans les poches un liquide boueux, car les pores du tissu se bouchent vite. Le but de ces appareils est de filtrer des jus simplement louches, par conséquent ne contenant que très peu de matières solides en suspension.

Il arriva alors que des jus de sucrerie, réputés limpides, et passés dans les poches, laissaient néanmoins encore une certaine quantité de dépôt, imperceptible dans la masse, mais réel puisqu'on le recueillait, et ces jus ainsi filtrés donnaient un travail ultérieur bien supérieur à celui qu'ils auraient fourni sans cette opération, et égal à celui obtenu avec les filtres à noir insuffisants, usités depuis longtemps en sucrerie.

Les poches Puvrez ont donc ouvert un horizon nouveau aux fabricants, et la filtration sur tissu, bien plus simple et plus économique que la filtration sur noir, s'est immédiatement généralisée.

Les poches Puvrez étaient encombrantes et d'un montage peu commode. Le rechange était sale, car lorsque le jus ne passait plus, il fallait vider tout ce qu'elles contenaient, jus et boue en défaisant les ficelles

qui les retenaient à la douille des robinets, et cette opération était fastidieuse pour les ouvriers qui se brûlaient les mains et répandaient de la boue de tous côtés. Aussi chercha-t-on à remédier à tous ces inconvénients en donnant aux poches un montage plus mécanique.

Les premiers *filtres mécaniques* qui parurent, et qui d'ailleurs remplirent immédiatement toutes les conditions voulues, furent construits par la maison Breitfeld-Danek de Prague vers 1887. Ils furent inventés par un ingénieur de cette maison résidant en Russie, M. Prokche, et on les appelle ici les *filtres Danek*.

L'appareil se compose d'une caisse carrée en tôle de 1 mètre de hauteur environ sur 1 mètre dans les autres dimensions. Le fond présente deux faces inclinées à 45 degrés, et le dessus est fermé par une porte en fonte à charnière et à contre-poids, faisant joint étanche au moyen d'une garniture en caoutchouc, et de vis de serrage disposées tout autour. Le tout repose sur quatre pieds.

A l'intérieur de cette caisse, on dispose les poches, qui sont formées de sacs en tissu, tendus sur une tôle ondulée. Ces tôles, munies de leurs sacs, sont suspendues au nombre de quarante environ dans la caisse au moyen de barrettes reposant à chaque bout sur des supports spéciaux. Les barrettes sont des tubes de fer, comme les tuyaux à gaz, et elles sont enveloppées par le rebord supérieur du sac qui se replie et se fixe sur elles. La

tôle pénètre dans ces tubes, laissant des interstices qui mettent l'intérieur des tubes en communication avec l'intérieur des sacs. Enfin, un bout de la barrette tubulaire est fermé et l'autre ouvert. La caisse présente à la partie supérieure autant de tubulures, placées sur deux lignes horizontales très rapprochées, qu'il y a de sacs pendus dans son intérieur. Les barrettes tubulaires pénètrent dans ces tubulures par leur extrémité ouverte avec joint en caoutchouc, tandis que l'extrémité fermée repose sur un support à vis qui la fixe bien en place, en faisant serrage sur la tubulure. Sous les tubulures, à l'extérieur de la caisse est une nochère.

Voici comment tout cela fonctionne. On introduit dans la caisse close le jus à filtrer, sous une pression de 2 ou 3 mètres de liquide. Le jus traverse de l'extérieur à l'intérieur les toiles des sacs, entre dans les barrettes tubulaires, traverse la tubulure, et sort de la caisse en tombant dans la nochère.

De sorte que le dépôt se fait sur l'extérieur des toiles au lieu de se former à l'intérieur comme dans les poches Puvrez. De plus, comme on peut rapprocher beaucoup les sacs, une grande surface filtrante se trouve réunie dans un très petit espace. Comme enfin l'appareil est clos, aucun débordement n'est à craindre, le refroidissement du jus filtré est très faible, aucune vapeur ne se forme au dehors, et, pour le nettoyage, il suffit de fermer le robinet d'arrivée de jus, de vider la cuve, d'ouvrir le couvercle, d'enlever les tôles ondulées avec leurs sacs, et d'en mettre d'autres à la place. Tout cela se fait rapi-

dement, proprement, et donne toute sécurité pour le nettoyage ultérieur des sacs.

Le filtre Danek est un instrument que l'on pourrait dire arrivé du premier coup à la perfection. Tout ce que l'on a fait depuis n'est qu'une imitation plus ou moins heureuse, quoique l'un d'eux, le *filtre Philippe*, présente une légère amélioration dans le montage (fig. 45 et 50).

Dans le filtre Philippe le couvercle est supprimé, avec son contre-poids qui était encombrant. Le dessus de la caisse est clos et présente une série de lumières pour laisser passer les sacs et leur tôle ondulée. Les barrettes creuses ne rentrent pas dans la caisse étant plus longues que les lumières. Alors on place par dessus celles-ci un chapeau qui les enferme complètement, et porte en avant une tubulure pour la sortie du jus. Le joint du chapeau est fait sur le dessus de la caisse au moyen de la toile elle-même disposée à cet effet et de vis de serrage très facilement démontables. Le changement des toiles n'exige donc que l'enlèvement des chapeaux, et si, par exemple, l'une de ces toiles est percée on peut l'enlever sans défaire le joint des autres.

Par conséquent, le filtre Philippe a quelques avantages sur le filtre Danek comme maniement des cadres.

Un autre filtre est aussi en usage, mais il émane d'un de ces inventeurs qui passent leur existence à contrefaire l'invention des autres. Nous voulons parler du *filtre Kazalowski* (fig. 46 et 47) qui ne diffère en aucun point du filtre Danek, sauf en ce que la tôle ondulée est

remplacée par un tissu métallique ondulé. Aussi son auteur dut-il reconnaître à la maison Breitfeld-Danek la propriété de son filtre.

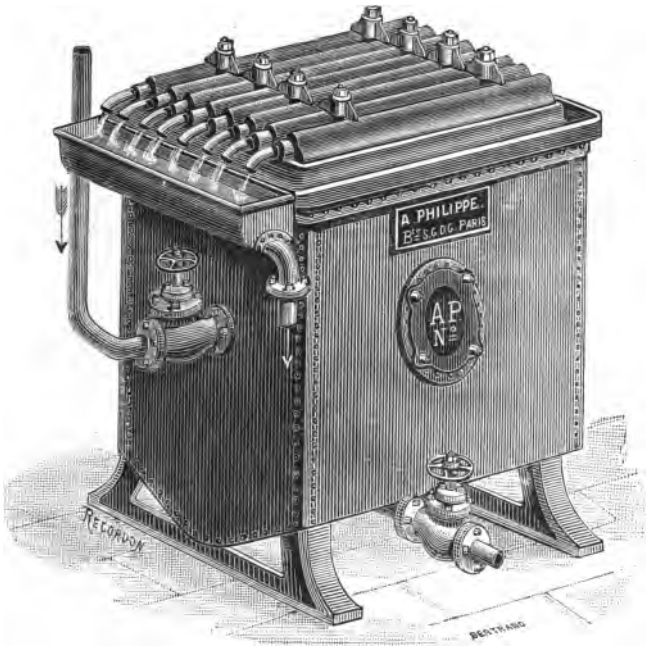


Fig. 45. — Filtre Philippe.

Certains constructeurs néanmoins le construisent exclusivement, mais son rendement est identiquement le même.

En général, chaque cadre de tous ces filtres représente 1 mètre carré de surface filtrante. Donc les fitres de

vingt ou quarante cadres représentent autant de mètres carrés de surface.

On a appliqué les filtres mécaniques au jus de pre-

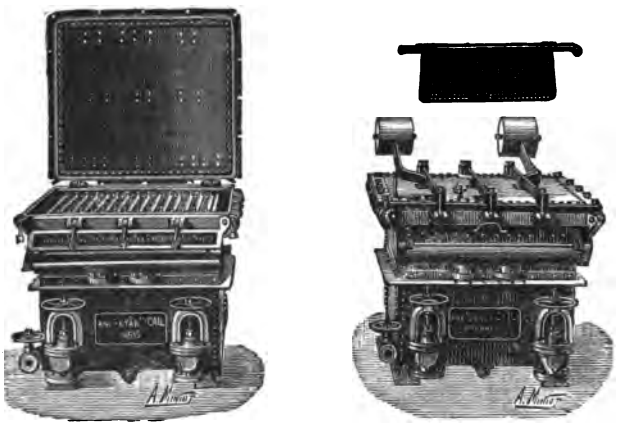


Fig. 46 et 47. — Filtre Kazalowski (Cail).

mière carbonatation, au jus de seconde et aux sirops. Comme les jus de première carbonatation filtrent difficilement à cause de leur alcalinité et qu'il faut beaucoup de surface, on supprime souvent, et à tort, cette filtration; la plupart des usines n'ont de filtration mécanique que pour les jus avant l'évaporation et pour les sirops.

Cette partie du travail, très simple et peu encombrante, est l'une des plus intéressantes de l'épuration du jus, et lorsqu'elle est bien faite elle augmente dans de grandes proportions le rendement de la betterave en sucre de premier jet.

Évaporation et cuite du jus.

L'une des grosses dépenses que comporte la fabrication du sucre, c'est le charbon. En effet, outre que la force motrice nécessaire pour faire marcher les appareils est considérable, outre que le réchauffage continuel du jus emploie beaucoup de vapeur, il faut encore évaporer à peu près toute l'eau qui dissout le sucre pour en faire un sirop apte à cristalliser.

L'évaporation de l'eau s'est faite longtemps dans des bassines à l'air libre et à feu nu. On peut dire qu'alors les fabriques de sucre n'étaient que de grandes confiseries où tout se passait le plus simplement possible, mais avec des pertes de sucre considérables dans tous les résidus, une consommation de 400 kilogrammes de charbon par 1000 kilogrammes de betteraves, enfin dans des conditions telles, que le sucre avait une valeur inabordable aux petites bourses.

Ce n'est que vers 1828, que la vapeur fit son apparition en sucrerie, non pas pour mettre en mouvement des machines (les fabricants en avaient peur!) mais pour chauffer les doubles-fonds et les serpentins des chaudières à déféquer.

A cette époque deux constructeurs de Paris, Moulfarine et Pecqueur, eurent l'idée, chacun de leur côté, de faire l'évaporation au moyen de serpentins de vapeur circulant dans le jus au fond de bassines plates qui favorisaient ce genre de travail.

C'était le commencement de l'introduction de la machinerie industrielle dans les établissements sucriers en France.

Mais il y avait un autre progrès à introduire. C'était l'emploi de la machine motrice à vapeur; et les idées étaient tellement préconçues à leur endroit, que les industriels n'en voulaient pas sous prétexte qu'elles étaient sujettes à faire explosion. On ne savait pas alors que ce qui fait explosion dans une machine, ce n'est pas la machine elle-même, mais le générateur. On avait le générateur et l'on n'osait pas avoir la machine!

Ce progrès était d'autant plus utile à réaliser, qu'il existait en Angleterre, depuis 1800 environ, des appareils d'évaporation remarquables, inventés par Howard, et qui évaporaient dans le vide, assurant ainsi un plus grand rendement en sucre à la betterave, à cause des destructions de sucre occasionnées par le feu nu et qui sont infiniment moindres dans le vide. Mais les chaudières à cuire d'Howard avaient besoin d'une machine à vapeur pour y faire le vide, c'est pourquoi en 1830, et même en 1840, il n'y en avait pas encore en France.

C'est à cette époque, que parurent les premiers chemins de fer; déjà le peuple s'habituait à voir des machines, aussi les fabricants acceptèrent-ils enfin la force motrice à vapeur et en même temps les chaudières d'Howard.

Celles-ci d'ailleurs, construites par Derosne, se complétèrent du condenseur Degrand, et prirent le nom d'appareils Derosne, et la consommation de charbon

passa de 400 à 250 kilogrammes de charbon par tonne de betteraves.

Enfin vers 1852, apparurent en Europe les appareils Rillieux à évaporer dans le vide à effets multiples, ceux qui sont employés aujourd'hui, perfectionnés depuis 1882 par leur auteur, et qui abaissent la consommation de charbon au-dessous de 100 kilogrammes par 1000 kilogrammes de betterave.

Telle est en quelques mots, l'histoire de l'évaporation en sucrerie, qui est celle de l'introduction de la grande machinerie telle qu'on la trouve aujourd'hui, et qui fait de nos usines des établissements mécaniques de premier ordre.

Nous allons maintenant reprendre le côté technique de l'évaporation pour la suivre de ses débuts jusqu'à nos jours.

Dans un bon générateur, 1 kilogramme de charbon de terre produit environ 8 kilogrammes de vapeur. Pour évaporer 8 kilogrammes d'eau, il faut développer environ 5000 calories ; le charbon développe en brûlant dans les 7500 calories. On perd donc ainsi 2500 calories, soit un tiers de la chaleur dégagée par le charbon, et ces calories sont absorbées par l'air froid entrant sous la grille en quantité plus grande que la théorie l'indique et s'échappant dans la cheminée à l'état de gaz chauds, par les rayonnements, par toutes les causes de perturbation de la bonne marche des feux, charges, décrassages, etc.

Sous une bassine, la perte est bien plus considérable

encore, ce genre d'appareils ne pouvant avoir toute la perfection dans la construction du fourneau que comporte un générateur, d'autant plus que les bassines de sucreries étaient à bascule, et ne pouvaient par conséquent être encastrées dans la maçonnerie ; c'était donc le fond seul qui chauffait.

Comme 1000 kilogrammes de betteraves donnent environ 800 kilogrammes de jus, soit environ 700 kilogrammes d'eau à évaporer après réchauffage, il fallait, sous une bassine, brûler environ 40 kilogrammes de charbon pour déféquer le jus, et 280 kilogrammes pour l'évaporer, soit 320 kilogrammes de charbon pour le travail du jus, quantité qui était vite portée à 400 pour peu que l'on ne mette pas un soin extrême dans le chauffage. C'est le résultat auquel on arrivait autrefois dans les anciennes sucreries, en 1825.

Aussitôt que la vapeur s'introduisit dans les usines, le chauffage devint plus économique, puisque la vaporisation de l'eau se faisait dans de meilleures conditions dans le générateur, et que cette vapeur portait son énergie évaporatoire dans les serpentins des bacs de défécation et d'évaporation, avec une perte de calories bien moins sensible que le feu nu.

Les générateurs de ce temps-là n'évaporaient guère que 7 kilogrammes d'eau par kilogramme de charbon. Pour chauffer 800 kilogrammes de jus, il faut condenser environ 140 kilogrammes de vapeur demandant 20 kilogrammes de charbon. Pour évaporer 700 kilogrammes d'eau, il faut 700 kilogrammes de vapeur, soit 100 kilo-

grammes de charbon. Les machines motrices réclament environ la vapeur correspondant à 40 kilogrammes de charbon, soit en tout 160 kilogrammes de charbon. Il faut compter des rayonnements et des pertes considérables dans le travail, car tous les appareils étaient en cuivre aussi brillant que possible pour que ce soit bien joli, car on ne tenait pas compte du prix que coûtait ce polissage, et l'on arrive ainsi, tout compris, à 250 kilogrammes de charbon, sur lesquels on pouvait bien économiser 50 kilogrammes au bas mot. Mais alors, on n'y regardait pas de si près.

C'est à ce moment, vers 1830, que M. Rillieux s'occupa du problème de l'évaporation et qu'il le résolut dans le sens des effets multiples dans le vide, dont nous allons nous occuper maintenant.

Disons d'abord que M. Rillieux est d'origine française, qu'il est né en Amérique, qu'il a fait toutes ses études en France; qu'en 1830 c'était un tout jeune homme de vingt-cinq ans, mais qu'il était déjà le plus fort ingénieur en machines à vapeur de Paris, et déjà inventeur breveté.

D'ailleurs, M. Rillieux ne put réussir à introduire son invention en France. Il tâcha d'être plus heureux en Amérique, mais il ne réussit pas davantage.

Ce n'est que quinze ans plus tard, vers 1845, qu'il parvint enfin à trouver un fabricant qui voulût bien essayer son appareil sur son habitation. A partir de ce moment-là, nombre de double et triple-effet furent construits en Amérique.

C'est un Allemand habitant la Louisiane qui, abusant de la confiance de M. Rillieux, envoya, en 1852, les plans de son appareil en Europe, sans le concours de son inventeur. Mais, le détenteur de ces plans, un nommé Tischbein, de Magdebourg, ne put rien en tirer de bon. Alors la maison Derosne et Cail acheta ces plans à Tischbein, construisit le premier des appareils Rillieux, établi en France, qui pût *un peu* fonctionner. Cependant, à force de tâtonnemens, la maison Cail finit par faire des triple-effet marchant à peu près correctement, tels qu'on les a vus à l'Exposition de 1878.

A cette époque, M. Rillieux, revenu en France depuis quelques années déjà, remarqua le faible rendement des triple-effet Cail. Ces appareils, dans toutes les transformations qu'ils avaient subies, n'étaient plus établis suivant les principes scientifiques qui avaient présidé à leur invention, et les ingénieurs de la maison Cail n'en comprenaient pas l'importance, ignoraient même que l'on pût faire mieux.

Tous les traités de sucrerie, tous les ouvrages traitant de la chaleur, étaient remplis d'erreurs sur le chapitre des évaporations à effets multiples, et moi-même qui commençais l'étude de ces appareils, j'étais complètement désorienté par les oppositions constantes rencontrées dans tous les ouvrages.

C'est alors que je fis la connaissance de M. Rillieux. A partir de cette époque, pendant quinze ans, nous avons eu à lutter contre la routine pour redresser les erreurs qui avaient présidé à la construction des appareils et

nous avons la satisfaction de voir aujourd'hui la plupart des constructeurs entrés dans la voie que M. Rillieux leur avait tracée.

En 1882, M. Rillieux alla plus loin. Il imagina son système de chauffage à effets multiples dont nous parlerons ensuite et grâce auquel la consommation de charbon est descendue parfois à moins de 80 kilogrammes de charbon par tonne de betteraves dans les usines bien agencées. Quelle différence entre les 400 kilogrammes brûlés jadis et les 80 kilogrammes que l'on consomme aujourd'hui ! Il faut d'ailleurs remarquer que cette différence est beaucoup plus grande encore en réalité qu'elle n'est en apparence. Attendu que du temps où l'on brûlait 400 kilogrammes, on ne tirait pas plus de 800 litres de jus de 1000 kilogrammes de betteraves, tandis qu'aujourd'hui on évapore 1500 litres de jus avec 80 kilogrammes de charbon. Avec cette même quantité de 1500 litres on eût consommé près du double, soit 750 kilogrammes de charbon par 1000 kilogrammes de betteraves en 1825, et assurément sans les appareils d'évaporation actuels, sans M. Rillieux, on n'aurait jamais pu introduire en sucrerie la diffusion qui forçait à extraire beaucoup plus de jus de la betterave.

M. Rillieux est donc l'un des plus grands bienfaiteurs de la sucrerie.

Appareils d'évaporation à simple effet dans le vide. — Nous sommes obligés d'anticiper un peu sur la marche du travail en sucrerie pour parler d'abord des

appareils à évaporer dans le vide à simple effet et qui constituent les *chaudières à cuire*, l'opération de la cuisson suivant immédiatement l'évaporation du jus. Mais l'ordre naturel de la description des appareils d'évaporation dans le vide nous amène d'abord à parler de celui-ci.

Nous avons dit que Moulefarine et Pecqueur, deux constructeurs de Paris, avaient imaginé chacun de leur côté des appareils d'évaporation à air libre consistant en bassines plates dans le fond desquelles des serpentins échauffés par la vapeur des générateurs provoquaient l'évaporation du jus.

Le calcul de l'évaporation se fait très simplement dans ce cas.

Pour évaporer un liquide, il faut d'abord l'échauffer au point d'ébullition, puis lui fournir les calories nécessaires pour transformer l'eau en vapeur.

On sait que, pour chauffer 1 kilogramme d'eau de 1 degré, il faut lui communiquer une certaine quantité de chaleur qui a été prise comme unité et que l'on appelle *calorie*.

Si donc, on veut échauffer n kilogrammes d'eau de t degrés, il faut lui fournir $n\ t$ calories.

A la pression atmosphérique, si l'on veut évaporer 1 kilogramme d'eau, les expériences de Régnault et autres physiciens ont démontré que, quand cette eau est à 100 degrés, il faut lui fournir 537 calories. Donc pour évaporer n kilogrammes d'eau, il faut lui fournir $n \times 537$ calories. Ce nombre 537 est ce que l'on appelle

la *chaleur latente* de la vapeur qui est variable avec la température de la vapeur formée.

Lorsqu'une vapeur se condense, elle abandonne un certain nombre de calories. Régnault a donné, pour la quantité totale de calories contenues dans la vapeur, la formule :

$$L = 606,5 + 0,305\ T$$

L étant la chaleur totale, et T la température de la vapeur.

La vapeur en se condensant abandonne non pas sa chaleur totale, mais cette chaleur totale diminuée des calories contenues dans l'eau condensée. Comme au moment de la condensation l'eau formée est à la même pression, par conséquent à la même température que la vapeur, c'est-à-dire à T degrés, le nombre de calories abandonnées par la vapeur qui se condense est :

$$L = (606,5 + 0,305\ T) - T = 606,5 - 0,695\ T$$

Donc, dans l'évaporation à l'air libre au moyen de la vapeur, il faut fournir à l'eau à évaporer $n\ (t + 537)$ calories, et pour cela il faut condenser dans les serpentins x kilogrammes de vapeur fournissant $x\ (606,5 - 0,695\ T)$, on a donc :

$$n\ (t + 537) = x\ (606,5 - 0,695\ T)$$

C'est cette formule qui permet de calculer la quantité de vapeur nécessaire pour évaporer l'eau contenue dans le jus. Quelques autres éléments, comme la chaleur spécifique du jus et sa température d'ébullition, devraient entrer encore dans cette formule, mais nous ne la

compliquerons pas davantage, notre but étant de faire comprendre le mécanisme de ces calculs dont on trouvera le développement complet dans mon traité de *Fabrication de sucre*.

On peut même simplifier encore le raisonnement en disant ceci : 1 kilogramme d'eau à 100 degrés, pour entrer en vapeur absorbe 537 calories ; 1 kilogramme de vapeur, à 100 degrés pour se condenser abandonne 537 calories. Donc, théoriquement, il faudrait condenser 1 kilogramme de vapeur pour évaporer 1 kilogramme d'eau. Ce n'est pas tout à fait exact, néanmoins comme la différence n'est pas très grande, on peut raisonner ainsi sans beaucoup se tromper. D'ailleurs, notre formule précédente dit exactement la même chose, car si l'on suppose l'eau à 100 degrés, on a $t = 0$; supposons la vapeur à 100 degrés,

on a : $$n\,(537) = x\,(537)$$
d'où $$n = x$$

Dans le calcul des appareils d'évaporation, il faut cependant tenir compte à chaque instant de t et T qui sont des variables continuelles. Mais dans le cas qui nous occupe, étant donné que la vapeur employée en sucrerie, au temps des bassines, était de la vapeur à basse pression, que le jus arrivait chaud, le raisonnement ci-dessus était tout à fait suffisant.

Donc avec l'évaporation à l'air libre, il faut, pour chaque kilogramme d'eau évaporée, condenser 1 kilogramme de vapeur.

Bien avant Pecqueur, l'Anglais Howard, vers 1800, avait construit et mis en pratique des chaudières à cuire dans le vide.

Ces chaudières étaient des bassines à double fond recouvertes d'un dôme dans lequel on faisait le vide. La vapeur de chauffage entrait dans le double fond. La vapeur formée par le jus, ce que dans ces dernières années on s'est habitué à appeler la *vapeur du jus* par abréviation, sortait du dôme par un tuyau.

Le vide était provoqué par la condensation de cette vapeur dans un condenseur placé à la suite du tuyau de sortie, et était entretenu par une pompe à air. La question du vide demande ici quelques explications qui sont générales pour tous les appareils condenseurs.

On démontre en physique que, lorsqu'un générateur de vapeur est entièrement clos, comme un ballon dans un laboratoire ou une chaudière quelconque en industrie, si l'on condense subitement la vapeur qui remplit le générateur, le vide parfait se forme au-dessus du liquide en ébullition.

D'après cela, il suffirait de condenser la vapeur sortant d'une chaudière pour obtenir le vide parfait dans la chaudière. Mais, industriellement, cela n'est pas tout à fait vrai. Les liquides en ébullition contiennent toujours des gaz en dissolution, ou même en produisent lorsque ces liquides sont de nature organique comme le jus de betterave. Si donc on condense la vapeur par une méthode quelconque, les gaz subsistent, et si on ne les enlève pas, le vide devient de moins en moins parfait.

De là la nécessité d'avoir à la suite d'un condenseur une pompe pour enlever les gaz.

Cette pompe doit avoir une importance proportionnelle à la quantité de gaz qu'on a à enlever. Or, dans le cas qui nous occupe, le condenseur est un cylindre dans lequel se rend la vapeur, et dans lequel aussi on injecte de l'eau froide en pluie fine. Cette eau froide *saisit* la vapeur et la condense, mais en même temps elle s'échauffe et dégage tout l'air qu'elle contient, et l'on sait que l'eau froide contient un vingtième de son poids d'air en dissolution. Par conséquent, lorsqu'on fait usage d'un condenseur à injection d'eau froide, il faut avoir une pompe, à la suite du condenseur, capable d'enlever non seulement les gaz propres du jus, mais encore l'air dissous dans l'eau condensante. Cette pompe, appelée *pompe à air*, doit donc avoir des proportions assez considérables, d'autant que l'eau à injecter représente vingt à vingt-cinq fois le volume de vapeur à condenser.

Nous avons reconnu que la pompe à air doit développer par seconde un volume douze fois et demi plus grand que le volume de l'eau injectée. Cette proportion correspond au travail le plus parfait observé pratiquement dans les meilleurs condenseurs.

L'appareil Howard se compose donc en principe d'une surface condensante d'un côté de laquelle se trouve la vapeur de chauffage, et de l'autre, le jus ou sirop à évaporer ; d'une chambre close où se forment les vapeurs du liquide en évaporation ; d'un condenseur à injection et d'une pompe à air.

Quelle sera la quantité de vapeur nécessaire à l'évaporation dans de semblables conditions? Il est évident qu'elle sera sensiblement la même que pour un appareil à air libre. Elle sera cependant un peu moindre de quelques degrés, car le liquide en ébullition, comme nous allons le voir, bout à une température un peu plus basse, mais la différence est peu sensible.

La chaudière d'Howard offre donc très peu d'intérêt au point de vue de l'économie du combustible.

Le point capital de l'évaporation dans le vide est la meilleure condition dans laquelle se trouve le sirop en ébullition, et le rendement plus grand en sucre qu'il procure.

En effet, on sait que, lorsque le vide existe au dessus d'un liquide, il bout à une température plus basse qu'à la pression atmosphérique, et cette température est d'autant plus basse que le vide est plus parfait. Or, on a reconnu que les sirops formés par la concentration du jus organique se décomposent très facilement par la chaleur. Les sirops sucrés en particulier s'altèrent profondément lorsque leur température est élevée, le sucre se détruit, se caramélise, et, d'un beau sirop jaune paille, on fait rapidement une masse noirâtre lorsqu'on la chauffe avec de la vapeur très chaude à l'air libre.

Abaisser la température d'ébullition du sirop à un point tel, que le sucre ne s'altère pas, est donc une condition des plus favorables à la fabrication, puisqu'on obtiendra ainsi un surplus de rendement, sur l'évapora-

tion à l'air libre, de tout le sucre qui aura été sauvé de la destruction. C'est le problème que s'était posé Howard et qu'il avait résolu d'une façon si heureuse dans ses chaudières à cuire dans le vide.

Mais, puisque le sirop bout dans le vide à basse température, il devient inutile de le chauffer avec de la vapeur à très haute température comme cela a lieu dans les appareils à air libre. Il suffit d'envoyer dans le double fond de la vapeur ayant quelques degrés de plus que la température d'ébullition du sirop pour provoquer l'ébullition. C'est en effet ce qui se passe dans un appareil bien construit, ayant une surface de chauffe suffisante. Si donc on chauffe avec une vapeur à basse température, on a encore moins de chance de détruire du sucre, condition très favorable également à l'augmentation de rendement.

Les chaudières d'Howard avaient une surface de chauffe suffisante pour cela, parce qu'elles étaient très larges, et contenaient une quantité de sirop très faible. Cela suffisait aux petites fabriques d'alors. Plus tard, pour augmenter la capacité des chaudières proportionnellement à l'accroissement de travail des usines, on rehaussa les chaudières, y ajouta des serpentins. Plus tard encore, on supprima tout à fait le double fond, rehaussa encore la chaudière, donna aux serpentins un plus grand développement. Malheureusement on calcula mal les serpentins, et l'on fut obligé d'employer la vapeur à haute pression pour le chauffage. Telles sont les chaudières à cuire actuelles.

Nous verrons que l'on revient sur cette construction défectueuse et que l'on construit depuis quelques années des appareils à cuire plus rationnels.

Tout ce que nous venons de dire avait pour but d'expliquer ce que sont les appareils d'évaporation dans le vide à simple effet, explications nécessaires pour aborder l'étude des appareils à effets multiples.

Appareils d'évaporation à effets multiples dans le vide. — Avant 1830, on avait tenté de construire des appareils de concentration à effets multiples sous pression pour l'évaporation économique des produits chimiques. Ces appareils, dont Pecqueur avait imaginé un dispositif en 1829, étaient construits de la manière suivante. Un foyer chauffait un générateur à haute pression contenant le liquide à évaporer. La vapeur produite chauffait un second générateur à pression moindre contenant du liquide provenant de la chaudière précédente. Ce second générateur en chauffait un troisième sous pression moindre encore, et ainsi de suite jusqu'au dernier qui bouillait à l'air libre. Le liquide circulait du premier dans le second, puis dans le troisième, dans le quatrième, etc.

L'avantage de ces appareils est évident. Si 1 kilogramme de charbon produisait, par exemple, 5 kilogrammes de vapeur dans le premier générateur, ces 5 kilogrammes de vapeur, se condensant sur la surface de chauffe du générateur suivant, y évaporaient 5 autres kilogrammes de liquide. Ces 5 kilogrammes en évaporaient encore 5 autres dans le suivant, et ainsi de suite,

de sorte que, s'il y avait ainsi quatre chaudières à la suite, avec 1 kilogramme de charbon on évaporait 20 kilogrammes d'eau ou à peu près.

C'est ce que l'on appelle l'évaporation à effets multiples.

Mais, d'après ce que nous venons de dire, il est évident qu'un semblable appareil ne peut convenir à la sucrerie, parce que le jus sucré se détériorerait vite sous la pression excessive qu'il est nécessaire d'avoir dans ce système ; car, si la dernière caisse bout à 1 atmosphère, la précédente bouillira à 2, l'autre à 3, l'autre à 4 et la première à 5. Or le jus porté à 5 atmosphères se détruit immédiatement.

Aussi l'appareil de Pecqueur ne put-il jamais servir à la sucrerie.

C'est alors que M. Rillieux imagina ses appareils d'évaporation dans le vide, qui furent un si grand progrès dans l'industrie sucrière.

Au lieu de prendre comme dernier corps l'appareil bouillant à la pression atmosphérique, M. Rillieux eut l'idée d'employer pour cet usage la chaudière d'Howard, en la chauffant avec de la vapeur provenant du jus d'une autre chaudière chauffée avec de la vapeur à basse pression, faisant ainsi un appareil à double effet dont la seconde caisse travaillait dans le vide.

Voici ce qui se passait alors avec un semblable appareil.

Le jus bouillant à très basse température dans la dernière chaudière, le double fond de cette chaudière

(en supposant la disposition d'Howard) se trouve en contact avec un liquide à la température correspondant au vide de l'appareil.

Si l'on se sert de cette surface relativement froide comme de condenseur à une autre chaudière d'Howard, cette seconde chaudière bouillira sous un vide relatif correspondant à la température de ce condenseur, vide moins élevé que celui existant dans la chaudière qui sert de condenseur, puisque pour celle-ci on injecte de l'eau froide.

Donc il existera un grand vide dans la dernière chaudière, et un vide moindre dans la précédente. Sous l'effet de ce vide moindre, le jus bouillira à une tempérarature un peu plus élevée, mais néanmoins plus basse que celle qu'il aurait s'il bouillait à la pression atmosphérique. On pourra donc le chauffer aussi avec de la vapeur à basse pression.

Aussi M. Rillieux songea-t-il à employer comme générateur de vapeur de cette nouvelle chaudière une autre chaudière semblable, mais celle-ci chauffée elle-même avec de la vapeur vierge n'ayant pas besoin d'ailleurs d'être à une très haute pression, soit 1/2 atmosphère au-dessus de la pression atmosphérique, ou 112 degrés.

Ainsi naquit le *triple-effet* dans le vide, que l'inventeur garda pendant quinze ans avant de pouvoir trouver un fabricant assez intelligent pour avoir la bonne volonté de l'essayer chez lui, appareil qui est aujourd'hui la base de toutes les économies de charbon que

l'on est arrivé à réaliser dans les sucreries jusqu'à nos jours.

Pour mettre en pratique son appareil à triple-effet dans le vide, M. Rillieux dut imaginer une série de dispositions nouvelles dans les appareils d'évaporation.

Les chaudières d'Howard avaient une surface de chauffe fort restreinte; construire des appareils en se servant de semblables surfaces était créer un jouet inutile pour la sucrerie dont les quantités de jus sont considérables par rapport au volume de sirop que l'on a à cuire et pour lesquelles les chaudières d'Howard étaient à peine suffisantes. En effet, il faut évaporer 80 pour 100 du jus pour le transformer en sirop et seulement 50 pour 100 du sirop pour en faire une masse cristallisable. La proportion est donc considérable.

M. Rillieux, en cherchant une forme de chaudière présentant une grande surface de chauffe, ne trouva rien de mieux que de donner à ses corps de triple-effet la forme d'une chaudière de locomotive, réalisant ainsi parfaitement son but. Le jus se trouvait dans la chaudière, et la vapeur circulait dans les tubes.

Le triple-effet était alors ainsi constitué : trois chaudières de locomotive placées côte à côte; la vapeur à 1/2 atmosphère arrivait dans les tubes de la première, mettait en ébullition le jus qu'elle contenait. La vapeur du jus se rendant dans le dôme de cette première chaudière entrait au moyen d'un gros tuyau dans les tubes de la seconde. La vapeur formée dans la seconde chauffait de même la troisième, et la vapeur

sortant du dôme de la troisième se rendait au condenseur, et à la pompe à air. Cette pompe avait mission d'extraire l'air en même temps que l'eau qui coulait dans le condenseur.

Comme les jus moussent beaucoup, il y a de ce fait des entraînements de sucre. Pour récupérer ce sucre entraîné M. Rillieux imagina des *vases de sûreté*, sortes de caisses intercalées sur le parcours du tuyau, de manière à ralentir le mouvement de la vapeur et lui laisser le temps de déposer les gouttelettes entraînées.

Il est utile de voir ce qui se passe dans l'intérieur des caisses d'évaporation. M. Rillieux imagina aussi de mettre des regards sur le devant des chaudières, et de les fermer par des glaces.

Enfin, les sucreries ont un certain nombre de moteurs à vapeur, entre autres la pompe à air. Comme la vapeur qui s'en échappe possède toute sa chaleur latente, et qu'il est possible de donner un peu de contre-pression aux machines sans nuire à leur bonne marche, M. Rillieux, au lieu de laisser échapper toute cette vapeur sur le toit, s'en servit pour chauffer la première caisse de son triple-effet, économisant ainsi toutes les vapeurs des machines, inutilisées jusqu'alors, et qui étaient complètement perdues. Un peu de vapeur directe y était ajoutée si les machines n'en fournissaient pas assez à l'évaporation.

Ajoutons qu'avant M. Rillieux tous les appareils d'évaporation étaient en cuivre et coûtaient fort cher.

C'est M. Rillieux encore qui imagina de substituer la

fonte et le fer au cuivre dans la construction des appareils, ayant reconnu qu'il n'y avait à cela aucun inconvénient pour le sucre, et réalisant ainsi une grosse économie sur la construction.

Nous pouvons dire dès maintenant que toute cette grandiose conception, due entièrement à M. Rillieux, est encore la base des appareils actuels, *sans que rien n'y ait été changé depuis*. On a essayé de mettre les caisses verticales au lieu de les mettre horizontales ; on a réussi. Mais on revient aujourd'hui, en Autriche surtout, aux caisses horizontales, et certains constructeurs allemands ne sont même jamais sortis du type Rillieux.

Voici donc un appareil qui depuis cinquante ans n'a reçu aucun perfectionnement ; la seule chose qui le différencie aujourd'hui du premier appareil, c'est le progrès acquis par les chaudronniers dans la construction de la carcasse métallique. En Louisiane, où furent construits les premiers appareils, il existe encore à l'heure actuelle des triple-effet Rillieux originaux qui marchent tout aussi bien que ceux construits de nos jours, avec les mêmes rendements et le même effet utile.

Si donc nous avons décrit l'histoire de l'invention du triple-effet, nous avons en même temps fait connaître les principaux caractères de ceux que l'on construit de nos jours.

M. Rillieux avait encore ajouté un organe supplémentaire à son triple-effet. C'est la chaudière à cuire qu'il avait faite exactement sur le même modèle que les caisses

d'évaporation, en diminuant de moitié le nombre des tubes. Cette chaudière était chauffée par la vapeur prélevée sur le premier corps, de telle sorte que ce premier corps chauffait en même temps le second corps et la cuite. Elle était d'ailleurs placée à côté de la troisième caisse du triple-effet, qui lui était parallèle, et son condenseur était commun avec celui du triple-effet.

Or, cette disposition qui était faite au point de vue d'obtenir une économie supplémentaire de vapeur, comme nous l'expliquerons plus loin, amena une confusion curieuse dans l'esprit de ceux qui s'emparèrent du système Rillieux en Europe, sans le concours de l'inventeur.

En effet, les plans que reçut ainsi le constructeur allemand Tischbein étaient ceux d'un double-effet, ne comprenant que deux caisses d'évaporation et la chaudière à cuire. Tischbein crut que la chaudière à cuire était une simple caisse d'évaporation, et la maison Cail qui acheta les plans à Tischbein le crut comme lui. Alors Cail, faisant breveter cet appareil, écrivit dans sa description que, si le premier corps avait 100 mètres, le second devait en avoir 150, et le troisième corps, pour un triple-effet, devrait avoir au moins 200 mètres.

De ce fait incompris sortirent des discussions sans nombre dans les ouvrages qui parlèrent du triple-effet, si bien qu'un auteur, n'admettant pas cette disproportion des corps successifs, écrivit qu'il apparaissait clairement de tout ceci que M. Rillieux n'avait rien compris à l'appareil qu'il avait inventé !

On en serait encore là si M. Rillieux n'était pas revenu parmi nous trente ans après pour nous enseigner les véritables principes de la marche des appareils à effets multiples, et redresser les erreurs commises par les ingénieurs à la suite de la maison Cail, erreurs qui se traduisaient par une diminution de 30 pour 100 dans le rendement des appareils.

Nous allons décrire maintenant les appareils tels qu'ils sont aujourd'hui, et en donner sommairement la théorie.

Théorie des appareils d'évaporation à effets multiples. — Nous avons expliqué comment dans les appareils à effets multiples on chauffe le premier corps avec de la vapeur provenant des échappements des machines mélangées si c'est nécessaire à de la vapeur vierge. Comment la vapeur formée par le jus de ce premier corps chauffe le second corps; comment la vapeur de jus de ce second corps chauffe le troisième et comment se condense la vapeur formée dans ce troisième corps.

Nous avons expliqué aussi comment il se fait que, en faisant le vide dans le troisième corps, il existe un vide plus faible dans le second, puis dans le premier, en sorte que, sans avoir besoin d'une pompe à air à chaque corps, en n'en mettant qu'une à la fin de l'appareil, le vide se transmet de proche en proche et de moins en moins fort jusqu'au premier corps.

Si la vapeur de chauffage est à 112 degrés par exemple et si le vide du troisième corps correspond à une température d'ébullition du jus de 60 degrés, on appelle

chute totale de température de l'appareil la différence 112 — 60 = 52 degrés. C'est cette différence entre la température initiale et finale de l'appareil qui le fait bouillir, et l'ébullition est d'autant plus active que cette chute est plus grande. On a donc un grand intérêt à combiner tous les moyens possibles pour augmenter cette chute.

A cet effet on peut chercher à augmenter la température initiale et diminuer la température finale. Or si l'on augmente la pression de la vapeur de chauffage, de manière à porter sa température de 112 à 118 degrés par exemple, on augmente bien la chute, mais il est à craindre que cette augmentation de température ne soit nuisible en quelque chose au liquide en évaporation qu'elle pourrait altérer. Aussi s'arrête-t-on en général à la température de 112 degrés correspondant à une demi-atmosphère de pression au-dessus de la pression atmosphérique, allant parfois jusqu'à 118 degrés, mais ne le dépassant pas. Au delà, le jus, sans s'altérer au point de vue du sucre, pourrait noircir par les décompositions organiques, à moins de se trouver dans des conditions spéciales de courant rapide que l'on rencontre parfois dans les appareils dits *circulateurs*.

Quant à la diminution de pression dans la dernière caisse, de manière à diminuer la température au-dessous de 60 degrés, soit 55 et même 50 degrés, il n'y a aucune espèce d'inconvénient à le faire ; au contraire, plus basse sera cette température, meilleur cela sera pour la conservation des sirops. On obtient ce résultat en

augmentant l'effet utile des condenseurs et des pompes à air; c'est le constructeur que cela regarde le plus, et malheureusement on s'y est rarement attaché.

Si l'on appelle m le poids de vapeur condensée par unité de surface et par degré de chute de température, si t et t' sont les températures de la vapeur de chauffage et du liquide en ébullition, il est évident que sur une surface S on condensera

$$Q = m\,S\,(t - t')$$

La quantité de vapeur condensée m est donnée par les formules que nous avons énoncées au commencement de ce chapitre ; pour obtenir un travail donné, t et t' dépendent des conditions d'installation de l'appareil et sont connus.

Il ne reste donc que S qui soit indéterminé et dont on tirera la valeur d'après l'équation ci-dessus qui permettra donc de calculer la surface de chauffe d'un appareil dont on connaît les éléments principaux ci-dessus énoncés.

Si t est la température de la vapeur de chauffage et t' la température correspondant à l'ébullition sous le vide donné par la pompe, quelle sera la surface proportionnelle à donner aux différentes caisses d'un simple-effet, d'un double-effet, d'un triple-effet, etc.

Pour un simple-effet la formule ci-dessus donnera de suite la surface demandée.

Pour un double-effet nous pouvons faire de prime abord une supposition : c'est que, la chute totale se répartissant sur chacun des deux corps, cette répartition peut

se faire également sur chacun des deux, en sorte que les chutes seront $\left(\frac{t-t'}{2}\right)$ pour chaque effet.

Nous savons de plus que, le premier corps faisant bouillir le second, il faut qu'il se forme autant de vapeur dans le premier que dans le second, puisque, si l'on supposait un excès dans le premier, cet excès serait inutilisé, ce qui est impossible, tandis que, si c'était une quantité moindre qui se forme, le second ne pourrait évaporer plus que ce que le premier ne lui ferait faire: par conséquent l'évaporation dans chacun des deux corps sera $\frac{m}{2}$.

Si S_1 et S_2 sont les surfaces des deux corps, la quantité Q de vapeur condensée sera :

$$Q = S_1 \times \frac{m}{2} \times \frac{t-t'}{2} + S_2 \times \frac{m}{2} \times \frac{t-t'}{2}$$
$$= (S_1 + S_2)\left[\frac{m \times (t-t')}{2}\right]$$

Or, comme à simple effet on produit la même quantité de travail, avec la surface S on a :

$$S\,m(t-t') = (S_1 + S_2)\,\frac{m(t-t')}{2}$$

ou $$2S = S_1 + S_2$$

La surface de chauffe du double effet doit donc être double de la surface de chauffe du simple effet, et comme S_1 et S_2 ont le même travail à faire avec la même chute, ils doivent être nécessairement égaux, et le double-effet

se composera de deux caisses égales ayant chacune la même surface que celle qu'aurait un simple-effet travaillant dans les mêmes conditions.

Un raisonnement analogue prouverait que la surface de chauffe du triple-effet serait : $S + S + S$

Pour un quadruple-effet, on aurait quatre caisses égales à S et ainsi de suite.

Donc, quand à un appareil à effets multiples on ajoute une caisse égale aux précédentes et que l'on en fait, au moyen de cette nouvelle caisse, un appareil à effet multiple supérieur, on n'augmente pas le pouvoir évaporatoire de l'appareil.

Mais on diminue la quantité de vapeur employée pour chauffer l'appareil; car dans un simple-effet on doit fournir pour le chauffage m kilogrammes de vapeur, dans le double-effet $\frac{m}{2}$, dans le triple-effet $\frac{m}{3}$, puis $\frac{m}{4}$ et ainsi de suite. C'est ce qui fait que les appareils à effets multiples constituent une grande économie sur le simple-effet. Mais comme la différence entre m et $\frac{m}{2}$ est de $\frac{m}{2}$ et que la différence entre $\frac{m}{3}$ à $\frac{m}{4}$ est de $\frac{m}{12}$, on voit que le passage du simple-effet au double-effet procure six fois plus d'économie que le passage du triple-effet au quadruple-effet, et que le passage du quadruple-effet au quintuple-effet ne donne qu'une économie de $\frac{m}{20}$.

Donc, plus on s'éloigne du simple effet, moins on obtient d'économie en ajoutant un effet à ceux existants déjà, et avant de transformer un appareil on doit s'informer si l'économie en résultant vaut l'embarras d'une augmentation de matériel, si cette économie paie capital et intérêt de l'achat de ce nouveau matériel. En pratique, nous avons reconnu que le quadruple-effet était le seul à employer, le quintuple-effet ne payant pas intérêt et capital d'achat de la caisse supplémentaire.

Dans un simple-effet, on a à condenser m de vapeur, dans un double-effet $\frac{m}{2}$, dans un triple-effet $\frac{m}{3}$, etc. Donc, plus les effets seront élevés, moins on aura besoin d'eau de condensation et moins grande aura besoin d'être la pompe à air. C'est encore un point important à noter.

Nous avons dit que, pour établir les proportions à donner aux caisses d'un appareil d'évaporation, nous supposerions de prime abord les chutes égales entre chaque caisse. Or, pratiquement, il n'en est pas ainsi. Les chutes, loin d'être égales, vont au contraire en augmentant du premier au dernier corps. Ainsi, dans un triple-effet à chaudières égales, les chutes sont de 9, 12, 18 degrés entre chacun des corps.

Cette constatation avait échappé aux observateurs qui attribuaient les différences qu'ils avaient remarquées à quelque défaut de construction des appareils.

Ayant eu entre les mains un nombre considérable

d'appareils de toutes formes, de toutes dimensions et de toutes nationalités, je remarquai la constance de ces différences et j'en recherchai la cause. En 1887, je pus enfin la faire connaître et donner une nouvelle théorie de la condensation qui expliquait tous les phénomènes.

La base de cette théorie est si simple qu'elle ne peut faire de doute pour personne.

En effet, le vide étant différent dans chaque caisse, le même poids de vapeur y occupe un volume différent, qui va grandissant avec le vide du premier au dernier corps.

Si, sur l'unité de surface condensante on envisage l'unité de poids de vapeur, celle-ci fera une couche d'autant plus épaisse que le vide sera plus considérable. Par conséquent une molécule de vapeur d'eau placée à la surface de la couche aura d'autant plus d'espace à parcourir pour arriver à la face condensante que la couche sera plus épaisse ou que le vide sera plus grand; par conséquent aussi il lui faudra plus de temps pour parcourir ce chemin plus grand, d'après la formule :

$$e = \frac{1}{2} g t^2$$

ou

$$t = \sqrt{2 \frac{e}{g}}$$

S'il faut plus de temps à la molécule pour parcourir l'espace qui la sépare de la surface condensante, la condensation sera retardée d'autant dans le même temps.

Donc, avec la même chute de chaleur, la dernière caisse condensera moins de vapeur que la première dans le même temps. Et comme pour que l'appareil fonctionne il est indispensable que chacune des caisses condense la même quantité de vapeur, il en résulte qu'il faut nécessairement une plus grande chute de chaleur à la dernière caisse qu'à la première, ce qu'il fallait démontrer.

En désignant par S la surface de chauffe d'une caisse, e la quantité de vapeur condensée sur cette surface, c la chute de température qui fait bouillir le liquide, v le volume spécifique de la vapeur et h la différence de pression qui sollicite le mouvement de la vapeur, K le coefficient d'évaporation spécial à l'appareil, on trouve la formule :

$$e = \frac{\mathrm{S}\,c\,\mathrm{K}\sqrt{2gh}}{v}$$

qui donne l'évaporation d'une caisse dont on connaît toutes les données, ou :

$$\mathrm{K} = \frac{e}{\mathrm{S}\,c} \times \frac{v}{\sqrt{2gh}}$$

qui donne K dans un appareil connu.

K est constant dans tous les triple-effet chauffés avec de la vapeur à la même température, et varie avec la température.

L'application de cette formule nous a donné l'explication de tous les phénomènes que nous avons rencontrés dans les appareils d'évaporation, et permet de cal-

culer les chutes de chaleur qui devront exister entre chaque caisse. Elle est donc d'un très grand intérêt.

Mais cette loi n'est qu'une partie de celles qui régissent la marche d'un appareil d'évaporation, car elle ne s'applique qu'à la condensation de la vapeur.

Quand la vapeur est condensée, elle transmet son calorique à la paroi condensante, et cette paroi la transmet à son tour au liquide en ébullition, et ce liquide entre enfin en vapeur.

Pour établir une théorie complète de l'évaporation, il faut donc envisager tous ces phénomènes successifs et les formuler ; enfin, il faut réunir toutes ces formules en une seule les contenant toutes ensemble. On arrive ainsi à une formule très compliquée qui n'est pas du ressort de cet ouvrage, et qui d'ailleurs, n'est pas pratique pour le calcul courant des appareils.

Néanmoins, elle a servi, dans un travail long et fastidieux, à établir la proportion que devaient avoir les différents corps d'un triple-effet ou d'un quadruple-effet pour obtenir l'emploi le plus économique de la vapeur, et je suis arrivé à ce résultat bien simple en fin d'analyse, que tous les corps devaient être égaux, comme l'indiquaient les premiers calculs que nous avons énoncés précédemment, mais à la condition que la transmission de la chaleur à travers les parois condensantes soit la même pour toutes les caisses.

Or, pour des raisons spéciales en dehors des lois physiques, la conductibilité du métal des tubes varie sans cesse. Ce sont les incrustations qui se forment sur

ces tubes qui en sont cause. En effet, les jus contiennent des sels de chaux organiques et minéraux, plus solubles dans le jus que dans le sirop, et qui se déposent sur les tubes en couches fort dures au fur et à mesure de la concentration; en sorte que les tubes du dernier corps sont recouverts d'une couche d'incrustation plus épaisse que le précédent, qui lui-même en contient plus que celui qui vient avant, et ainsi de suite. Comme ces incrustations sont très mauvaises conductrices de la chaleur, il arrive un moment, lorsque la couche arrive à une certaine épaisseur, variable du reste avec la nature du dépôt, où l'appareil ne fonctionne plus. Il faut alors procéder au nettoyage. Mais, tant que l'on n'en est pas arrivé à ce point extrême, il est évident que les conditions de conductibilité sont différentes dans chacune des caisses, allant en s'aggravant du premier au dernier corps. Aussi trouve-t-on quelque avantage à augmenter les surfaces théoriques des corps s'incrustant le plus, et faire une progression que l'on a appelée différentielle dans les surfaces de chauffe de chacune des caisses.

Mais cette progression n'a rien que d'anormal, et est même inutile, l'évaporation se faisant malgré ces changements de conductibilité; seulement la progression différentielle s'exécute alors naturellement, non sur les surfaces qui restent constantes, mais sur les chutes de température de chaque caisse, variables par essence, et qui suivent les lois physiques correspondant au changement de conductibilité des parois condensantes.

Il n'y a donc aucun intérêt à faire des caisses différentielles.

Donc, dans un appareil à effets multiples rationnel, les caisses sont égales, et les chutes de température entre chaque caisse sont différentielles et régies par la loi de progression des volumes spécifiques des vapeurs et de diminution de conductibilité du métal par les incrustations. Il faut ajouter à cela encore, que les liquides sucrés bouillant à des températures d'autant plus élevées que les densités sont plus élevées elles-mêmes, le schutes s'augmentent, de la première à la dernière caisse, de la valeur de cette augmentation de température d'ébullition du liquide en évaporation.

Telle est la loi qui régit les températures des vapeurs dans les différents corps d'un appareil à effets multiples.

Appareils à triple-effet (fig. 48). — Nous allons décrire maintenant la construction des appareils d'évaporation. Nous ne parlerons pas du double-effet qui est généralement abandonné, et qui ne diffère du triple-effet que par l'absence de la caisse intermédiaire. Nous décrirons le triple-effet tel qu'il est en usage un peu partout, et ne parlerons du quadruple-effet qu'un peu plus tard, car il n'est utilisé qu'en combinaison avec les chauffages à effets multiples.

Enfin, nous décrirons d'abord le triple-effet vertical tel qu'il est employé en France, parce qu'il est le plus parfait de tous ; nous parlerons ensuite des appareils horizontaux autrichiens, les mieux étudiés dans ce genre de construction.

Le *triple-effet vertical*, dont les formes extérieures,

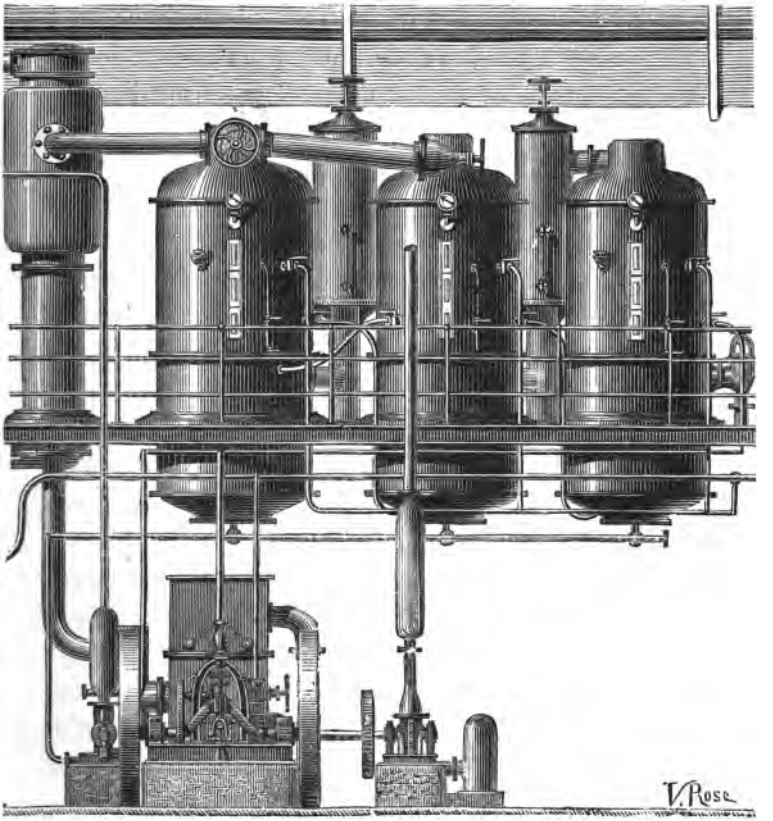


Fig. 48. — Appareil à triple effet vertical (Cail).

l'ensemble harmonieux, appartiennent à la maison Cail, se compose de trois caisses cylindriques.

Chaque caisse est constituée par deux tronçons principaux, à peu près d'égale hauteur, réunis l'un au-dessus de l'autre par des brides et boulons, avec joint étanche entre les deux. Le tronçon du bas contient la surface tubulaire de chauffage. Il est formé d'un cylindre en fonte ou tôle, ayant de $1^m,25$ à $1^m,75$ de hauteur avec diamètre variable suivant la puissance de l'appareil. Ce cylindre porte en haut et en bas deux fonds en bronze, dits *plaques tubulaires*, percés de trous de 50 millimètres très rapprochés et disposés en quinconce, les trous de l'un étant placés exactement sur la même verticale que ceux de l'autre, par conséquent exactement vis-à-vis. Dans ces trous, on passe des tubes en laiton étamés qui y sont solidement sertis et ont la même longueur que le cylindre, de telle sorte qu'une fois en place ils ne dépassent pas les fonds. Ces tubes, avec quelques entretoises, maintiennent l'écartement du fond, et assurent leur joint étanche avec le corps cylindrique qui leur sert d'enveloppe.

Une grosse tubulure latérale au corps cylindrique sert à l'introduction de la vapeur de chauffage qui viendra se condenser à l'extérieur des tubes, et s'échapper à l'état d'eau condensée par une petite tubulure placée en bas du même corps sur la face opposée à l'entrée de la vapeur.

Sous ce cylindre, que nous appellerons le *corps tubulaire*, s'adapte un fond légèrement bombé, boulonné de manière à faire joint étanche avec lui.

Au-dessus du corps tubulaire se trouve le second

tronçon principal dont nous avons parlé, et que l'on nomme la *calandre*.

Sur la calandre, un autre couvercle en forme de dôme porte au centre une saillie verticale cylindrique, destinée à l'échappement de la vapeur.

Ceci posé, voici comment fonctionne la chaudière.

On introduit le jus au moyen d'un robinet placé au bas de la calandre, presque au niveau de la plaque tubulaire supérieure. Le jus coule sur la plaque se précipitant par chaque trou dans les tubes, et, de là, dans le fond inférieur de la chaudière. Quand ce fond est plein, le niveau du jus monte dans les tubes jusqu'au moment où il arrive à déborder et noyer la plaque tubulaire supérieure. Alors on arrête l'arrivée de jus.

A ce moment, on introduit de la vapeur par la tubulure latérale du corps tubulaire. Cette vapeur rencontre l'extérieur des tubes qui contiennent le jus froid à l'intérieur.

Elle se condense donc sur les tubes et chauffe le jus au point de le mettre en ébullition. Alors le jus émet des vapeurs qui se répandent dans la calandre et sortent par le haut du dôme, pour être dirigées de là, au moyen d'un tuyau, dans le corps tubulaire d'une chaudière identique à celle que nous venons de décrire et la chauffer.

La calandre porte plusieurs accessoires. D'abord, tout au bas et sur la face qui doit former le devant de l'appareil, une *lunette* qui permet de voir ce qui se passe à l'intérieur. Cette lunette se compose d'une

glace étroite et haute, enchâssée dans une monture en bronze. On en dispose ordinairement trois l'une au-dessus de l'autre.

On place en outre une lunette ronde par derrière pour éclairer l'intérieur au moyen d'une lumière et voir l'ébullition du jus.

Ensuite, un *robinet à beurre*, qui sert à introduire dans l'appareil des matières grasses (le mot beurre est impropre, mais c'est le terme usité) afin d'abattre les mousses qui se forment de temps en temps pendant l'ébullition, lorsque les jus ne sont pas très sains par suite de mauvaises betteraves ou de carbonatation défectueuse.

Enfin, outre le robinet à jus, un robinet pour l'échappement des gaz ammoniacaux que nous décrirons plus loin, un robinet à eau pour emplir l'appareil et le laver, un robinet à vapeur pour le même usage, et un indicateur de vide métallique ou à mercure.

La dernière caisse, celle qui contient le sirop, porte en outre une *éprouvette*, pour extraire une certaine quantité de sirop en marche, afin d'en prendre la densité. C'est, en effet, une difficulté d'extraire du liquide d'une chaudière dans laquelle existe le vide. On est obligé d'avoir un petit réservoir, communiquant avec l'espace qui contient le sirop, et dans lequel on fait le même vide que dans la caisse, au moyen d'un tuyau qui le surmonte et débouche dans cette caisse à un niveau plus élevé que celui du sirop. De la sorte, le sirop peut couler dans le petit réservoir. Quand il est plein, on

l'isole de la caisse par des robinets, on y laisse rentrer l'air, et il suffit d'ouvrir un autre robinet placé tout en bas pour que le sirop s'en écoule. C'est tout cet ensemble qui forme l'éprouvette.

Vase de sûreté. — Lorsque l'appareil est en ébullition, les vapeurs qui se dégagent entraînent avec elles des particules sucrées d'autant plus abondantes que l'ébullition est plus vive et le liquide plus concentré. C'est un fait connu sous le nom d'*entraînement vésiculaire des liquides par leurs vapeurs*. Le mot vésiculaire indique que la particule sucrée affecte la forme d'une petite sphère creuse, sorte de bulle analogue à la bulle de savon, et qui se forme au sein des liquides visqueux. Lorsque l'eau est pure, la vésicule se forme bien, mais se détruit presqu'aussitôt formée. Mais si le liquide est visqueux comme le jus, la vésicule subsiste plus longtemps dans la vapeur, et est entraînée avec elle dans les conduites. Avec le sirop très concentré, les vésicules sont tellement abondantes, que, si l'on n'y prend garde, elles constituent une perte de sucre très sensible.

De plus, ces vapeurs contenant des vésicules sucrées vont se condenser dans la caisse suivante. Donc l'eau condensée contient du sucre. Et comme ces eaux de condensation sont employées à l'alimentation des générateurs, on introduit donc du sucre dans ceux-ci. Or, le sucre est l'ennemi des générateurs. Aussitôt qu'une certaine quantité de sucre s'y trouve réunie, l'eau noircit, forme des mousses dans les dômes, le niveau de l'eau n'est plus possible à tenir dans les chaudières, les indi-

cateurs sifflent, les joints fuient, les chaudières s'encrassent et de graves accidents sont à craindre. Il n'y a plus qu'une ressource, c'est de vider les générateurs les uns après les autres; cet accident se traduit donc par une perte de temps et d'argent.

Il est donc de toute urgence d'empêcher le sucre de passer avec la vapeur dans l'espace tubulaire de la caisse suivante, et c'est le but des vases de sûreté que l'on interpose sur le courant des vapeurs dans les appareils d'évaporation.

Primitivement, l'entraînement vésiculaire était inconnu, mais on avait à lutter contre les mousses abondantes qui se formaient dans les appareils à cause du travail défectueux des défécations. Le vase de sûreté s'appelait alors *brise-mousse*, et son rôle était bien plus facile. Mais il était très peu efficace, et surtout n'arrêtait pas les vésicules sucrées. Aussi le sucre dans les générateurs était-il chose courante en sucrerie.

Plus tard, lorsque le travail s'améliora, on s'aperçut que, quoiqu'il n'y ait plus de mousse, on avait encore du sucre entraîné. C'est alors qu'un Autrichien nommé *Hodek*, imagina l'appareil qui porte son nom, et qui donna le jour peu après au *ralentisseur*, presque seul employé aujourd'hui dans les quadruple-effet modernes, et qui répond entièrement aux besoins créés par l'entraînement vésiculaire.

Le brise-mousse était une colonne de grand diamètre et close (fig. 48), que l'on retrouve encore aujourd'hui dans maint appareil ancien ou démodé, que l'on inter-

calait entre chaque corps, et qui contenait à l'intérieur, un tuyau du même diamètre que la conduite de vapeur et montant presque jusqu'en haut de la colonne. La vapeur arrivait sur le côté, et était obligée de remonter un peu pour retrouver l'orifice du tuyau central qu'elle était forcée de parcourir pour rentrer dans la caisse suivante. On conçoit que la vapeur venant se briser dans la colonne pouvait y abandonner les particules lourdes comme la mousse, mais non les parcelles légères comme les vésicules qui étaient entraînées avec elles.

Hodek imagina de tamiser la vapeur. A cet effet, il lui fit traverser un cylindre horizontal contenant plusieurs toiles métalliques sur lesquelles elle devait déposer ses particules les plus fines. L'appareil Hodek répondait bien à son but, mais il était un obstacle au passage de la vapeur qui ralentissait fortement son mouvement au détriment du rendement de l'appareil d'évaporation lui-même.

C'est alors que l'on supprima les toiles métalliques dans l'Hodek, qu'on donna au cylindre un plus grand diamètre et une plus grande longueur, et que l'on obtint le *ralentisseur* proprement dit.

La théorie du ralentisseur était à faire, car on s'expliquait bien que la vapeur, en passant d'un tuyau de petit diamètre dans un autre de diamètre plus grand, ralentissait son mouvement, ce qui permettait aux particules lourdes de tomber. Mais, en analysant le phénomène mécaniquement, on s'apercevait que cette chute ne pouvait se faire que très imparfaitement si quelque

phénomène ne venait pas s'ajouter au fait mécanique, pour provoquer l'arrêt des vésicules.

C'est alors que j'étudiai sous toutes leurs phases les phénomènes de physique et de thermodynamie qui devaient accompagner le ralentissement des vapeurs dans le cylindre, et que je pus expliquer par les remous et mouvements en arrière qui s'y forment, puis par les changements de température qui en sont la conséquence, la dislocation des vésicules et la chute des globules liquides qui se formaient ainsi.

Le ralentisseur bien calculé répond donc parfaitement aux exigences de l'arrêt du sucre dans les vapeurs.

On installe les ralentisseurs de différentes manières à la suite de la sortie des vapeurs des chaudières, suivant la place dont on dispose. On les met parfois horizontalement, en faisant entrer la vapeur par un bout et sortir par l'autre, mais l'entrée et la sortie peuvent être ménagées, soit dans l'axe du cylindre, soit sur le côté, indifféremment, quoique la position axiale paraisse préférable, pour l'entrée surtout. Parfois le ralentisseur est vertical, fixé sur le dôme même de la caisse dont il semble le prolongement (fig. 54). Cette disposition est très bonne. Parfois on le met verticalement sur le côté, et il ressemble à un vase de sûreté ordinaire; mais, dans ce cas, l'entrée et la sortie sont toutes deux sur le haut du cylindre, avec une cloison verticale intérieure qui le sépare en deux portions inégales. Nous aimons moins ce genre d'appareil qui fait faire un énorme circuit à angle vif à la vapeur.

On a imaginé bien d'autres dispositifs encore. Mais le ralentisseur dans toute sa simplicité est le meilleur des vases de sûreté.

Condenseurs et pompes à air. — Le triple-effet se trouve donc constitué de trois caisses semblables à celles que nous venons de décrire, munies chacune de leur vase de sûreté, la première caisse chauffant la seconde, la seconde chauffant la troisième. La vapeur du troisième corps, avons-nous dit, s'en va au condenseur et les gaz qu'elle contient sont aspirés par une pompe à air.

Il y a deux modes de disposition pour les condenseurs et les pompes à air.

Le dispositif adopté le plus communément en France est le même que celui que l'on emploie pour les machines à vapeur à condensation directe.

Dans ce cas, le condenseur est un cylindre vertical qui fait suite au tuyau de sortie de vapeur du troisième corps. La vapeur arrive donc par en haut du cylindre. Par en bas on injecte de l'eau froide au moyen d'une pomme d'arrosoir, d'un cône ou d'un tube vertical percé de trous et allant jusqu'en haut du condenseur, enfin par un dispositif quelconque divisant beaucoup l'eau et la lançant en sens inverse de l'arrivée de vapeur. Une tubulure latérale placée au bas du condenseur le relie à la pompe à air.

Les conditions d'établissement du condenseur sont qu'il soit suffisamment vaste et que l'eau y soit injectée en abondance et en pluie fine pour bien saisir la vapeur à son arrivée.

La pompe à air (fig. 49) est un grand cylindre horizontal, dans lequel se déplace un piston mû par une machine à vapeur. Au-dessus du cylindre se trouve une chambre à trois compartiments contenant les clapets d'aspiration et de refoulement qui sont des clapets battants. La chambre du milieu correspond directement avec le condenseur et ses deux faces latérales inclinées à 45 degrés portent les clapets d'aspiration.

Les deux compartiments extrêmes correspondent par des lumières avec les deux extrémités du cylindre, et portent à leur face supérieure, formant plafond, les clapets de refoulement. Sur cette chambre est fixée une bâche avec un déversoir pour laisser écouler l'eau.

On conçoit qu'à chaque coup de piston, l'aspiration qu'il produit fait entrer dans le compartiment correspondant, et derrière lui par les lumières dans le cylindre, l'eau du condenseur confinée dans le compartiment du milieu et l'air qui est dans le condenseur. Au retour cette eau et cet air sont refoulés à travers les clapets supérieurs dans la bâche supérieure d'où l'eau s'écoule et l'air s'échappe dans l'atmosphère. De plus, l'eau qui reste après ce mouvement arrière du piston comble tous les espaces nuisibles considérables qui existent, et, lorsqu'il recommence son mouvement, aucune trace d'air ou de vapeur qui pourrait nuire à l'effet utile de la pompe ne subsiste plus.

La pompe doit être suffisamment grande pour aspirer l'eau et la grande quantité de gaz dégagée non seulement par les jus, mais encore par l'eau de condensation

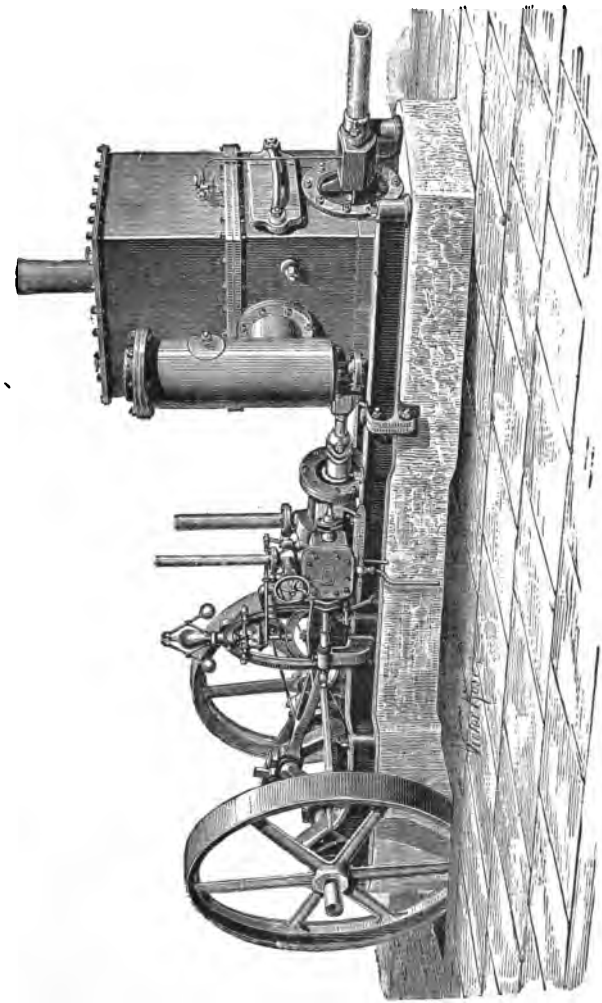


FIG. 49. — Pompe à air (Cail).

elle-même qui s'échauffe au contact de la vapeur. L'un des vices les plus fréquents des triple-effet est d'avoir des pompes à air trop petites.

Le dispositif le plus usité à l'étranger, en Allemagne, en Autriche et en Russie, c'est ce que l'on appelle les condenseurs à *colonne barométrique* avec *pompe à air sèche*. On commence à l'adopter en France et en Belgique.

Le condenseur à colonne barométrique a pour objet d'éviter à la pompe à air l'enlèvement de l'eau condensée en même temps que de l'air. En effet, suivant la température de l'eau de condensation, plus froide en hiver qu'en automne, on est obligé d'envoyer plus ou moins d'eau à la condensation. Or, les pompes à air, n'ayant pas un volume variable, sont parfois noyées par l'eau de condensation quand on en injecte une grande quantité et ne peuvent plus aspirer l'air, en sorte que le vide s'en ressent fortement. On a donc cherché à séparer l'évacuation de l'eau de celle de l'air, et, pour cela, on a mis à profit la colonne barométrique à eau.

On sait que le vide absolu correspond à une hauteur d'eau de $10^m,33$. Si donc sous le condenseur on mettait un tuyau de $10^m,33$ plongeant dans un bassin d'eau, l'eau monterait dans le tuyau à la hauteur correspondant au vide de l'appareil, et n'irait jamais plus haut. C'est ce que l'on a fait. On a mis le condenseur à 10 mètres en l'air, avec un tuyau descendant jusqu'au sol de la fabrique et plongeant dans un bac à déversoir. Lorsqu'on injecte de l'eau dans le condenseur, cette eau

s'écoule dans la colonne et s'échappe par le déversoir du bac en bas. Seulement on a donné au condenseur une forme un peu différente pour que l'on puisse retirer par en haut l'air qu'il contient. Le condenseur est encore un cylindre vertical, mais la vapeur arrive latéralement, généralement par en bas, et l'eau est injectée en pluie par le dessus, tandis que l'air est aspiré par un tuyau placé latéralement en haut du cylindre.

La division de l'eau est obtenue généralement par de nombreuses chicanes formant une série de cascades que l'air doit franchir pour arriver à la partie supérieure, se débarrassant ainsi de toute la vapeur qu'il pourrait contenir. Parfois, au contraire, l'eau et la vapeur arrivent par en haut et l'air est extrait par en bas du cylindre. Le premier dispositif est généralement préféré. Néanmoins, dans certaines usines, on met deux condenseurs côte à côte, l'un à *courant parallèle* de l'eau et de la vapeur, l'autre à *contre-courant* (c'est ainsi qu'on appelle ces deux genres de condenseur) de telle sorte que la condensation soit aussi parfaite que possible, et l'air refroidi à son maximum.

La pompe à air n'a plus d'eau à extraire dans ce cas; c'est pourquoi on la dit *sèche* en comparaison avec l'autre système dit pompe à air *humide*.

Ces pompes sèches doivent être alors très perfectionnées, les espaces nuisibles y sont évités autant que possible; ce sont de véritables machines pneumatiques. Aussi les clapets sont-ils le plus souvent remplacés par des tiroirs ou des cylindres comme dans les distributions

des machines Corliss, et encore adopte-t-on parfois un dispositif, qui rappelle le robinet de Babinet, qui fait communiquer momentanément le fond du cylindre quand le piston est à bout de course, avec l'autre portion où le vide est maximum, pour enlever l'air qui pourrait rester dans les espaces nuisibles inévitables.

Ces pompes bien construites font souvent un vide meilleur que le premier système. De plus, elles sont plus petites et moins embarrassantes que les autres, ce qui est un avantage sérieux. Seulement, et c'est là le point défectueux du système au point de vue de la dépense uniquement, car ce n'est pas un vice rédhibitoire, on est obligé d'avoir une pompe à eau pour remonter toute l'eau de condensation dans un réservoir placé à 10 mètres en l'air, tandis que l'autre système étant au niveau du sol peut puiser l'eau directement dans la citerne de l'usine. A chacun ses inconvénients.

Extraction des eaux condensées. — L'eau condensée dans le premier corps provient de la vapeur de retour des machines qui servent à chauffer ce corps, et de la vapeur directe que l'on y ajoute comme appoint si les machines n'en fournissent pas assez. Cette eau est relativement pure, et sert généralement à l'alimentation des générateurs. La seule impureté qu'elle contienne provient du graissage des cylindres à vapeur. Si ce graissage se fait avec des huiles végétales ou animales, elles se déposent sur les tubes de l'appareil en même temps que la vapeur se condense, et retournent aux générateurs où elles peuvent être dangereuses par les

corrosions qu'elles provoquent dans les chaudières. Aussi emploie-t-on maintenant des graisses minérales qui sont sans inconvénient.

Dans ce premier corps il existe ordinairement 1/2 atmosphère de pression. L'eau condensée peut donc s'écouler naturellement dans le bac alimentaire des générateurs.

Les eaux du second et du troisième corps sont chargées d'ammoniaque, car les jus en bouillant en développent de grandes quantités. Ces eaux ammoniacales sont moins appréciées pour l'alimentation des générateurs, parce que les vapeurs qu'elles dégagent, étant chargées d'ammoniaque, détériorent la robinetterie de cuivre, les soupapes de sûreté, etc. Cependant, en en employant une portion seulement, ces accidents ne sont plus à craindre à cause de la dilution de l'ammoniaque dans une grande quantité de vapeur. Mais le vide existe dans ces deuxième et troisième caisses, et pour extraire l'eau, il faut absolument une pompe, et même pour le troisième corps la pompe doit être assez bien faite pour faire équilibre au vide assez élevé qui y existe.

Ces pompes, dites *pompes ammoniacales*, doivent donc être exécutées avec soin, car c'est de leur fonctionnement que dépend la bonne marche de l'appareil.

Outre l'eau ammoniacale, il y a encore, dans les caisses, les gaz qui proviennent du jus, et l'air qui s'introduit par les joints. Il faudrait donc avoir à chaque caisse une pompe à air pour répondre à cette double

extraction. C'est ce que M. Rillieux avait fait pour ses premiers appareils.

Or les constructeurs avaient négligé l'enlèvement de l'air, lorsqu'ils construisirent les premiers appareils Rillieux d'après les plans venus d'Amérique par l'intermédiaire du peu scrupuleux Allemand. Aussi ces appareils marchèrent-ils fort mal, et c'est en rétablissant l'enlèvement de l'air par un procédé nouveau autre que celui de la pompe à air, que M. Rillieux put, en 1882, rendre aux appareils modernes la puissance que possédaient ses anciens appareils d'Amérique. Son système consistait à recevoir les eaux condensées et les gaz dans une boîte, dite *boîte de retour*, qui précédait la pompe ammoniacale, et à enlever l'air sur cette boîte au moyen d'un robinet jaugé qui était muni d'un tuyau allant dans un espace où existait plus de vide que dans la boîte, soit dans le corps suivant.

C'est à partir de ce moment seulement que les appareils d'Europe marchèrent convenablement et que l'on put construire des quadruple-effet et des quintuple-effet, les essais faits dans ce sens auparavant n'ayant jamais réussi à cause de cette faute commise de ne pas enlever l'air qui encombrait les caisses.

Enlèvement des gaz ammoniacaux. — Outre l'air et les gaz lourds qui s'accumulent dans le bas des espaces intertubulaires au-dessus de l'eau, ce qui permet cet enlèvement dans les boîtes de retour où ces gaz s'écoulent avec l'eau qui est au-dessous, il y a encore dans les caisses du gaz ammoniac qui est plus léger que la

vapeur. Ces gaz légers s'accumulent dans le haut, sous la plaque tubulaire supérieure. Mais l'ammoniaque a la propriété de ronger le cuivre avec lequel il est en contact quand une certaine quantité d'air s'y trouve mélangée, comme cela se présente dans le cas qui nous occupe. Aussi faut-il l'enlever le plus vite possible. On y arrive en ménageant sur la plaque tubulaire supérieure quelques ouvertures sur lesquelles on fixe des tuyaux se réunissant en un seul pour sortir hors de la caisse, et ce tuyau va directement au condenseur. Grâce à cet agencement, les gaz légers sont aspirés au condenseur et rongent bien moins les tubes que si on les laissait séjourner à leur contact. Un robinet jaugé, dont nous avons parlé parmi les armatures de la calandre, sert à régler l'écoulement des gaz ammoniacaux.

Tuyauteries diverses. — Outre ces tuyaux, le triple-effet comporte d'abord celui qui sert à alimenter la première caisse avec les retours des machines. Les échappements de vapeurs ou retours des cylindres de machines à vapeur se rendent tous dans un cylindre ou *ballon d'échappement*, pour être de là dirigés par un gros tuyau dans la partie intertubulaire du premier corps. La vapeur directe qui sert d'appoint est reçue soit dans le ballon, soit dans la caisse elle-même par l'intermédiaire d'une soupape équilibrée qui ne permet pas d'admettre assez de vapeur pour accroître outre mesure la contre-pression dans le ballon, ce qui arrêterait les machines. Cette soupape inventée par M. Ril-

lieux ne fonctionne réellement bien que lorsque son clapet est équilibré lui-même pour permettre une grande décharge de vapeur pour un petit soulèvement. La soupape construite par M. Dulac répond admirablement à cet objet.

Le jus arrive dans la première caisse au moyen d'une pompe qui l'y refoule. D'autres dispositifs moins simples que la pompe ont été imaginés par différents ingénieurs, mais une pompe est le moyen le plus correct pour faire cette alimentation régulière.

La seconde caisse aspire directement le jus au bas de la première caisse, et la troisième au bas de la seconde. Le sirop est extrait du dernier corps également au moyen d'une pompe. Autrefois on faisait cette extraction avec un monte-jus travaillant exactement comme l'éprouvette que nous avons décrite précédemment. Mais le monte-jus dérange la marche des appareils au moment où l'on y fait le vide, aussi est-il condamné presque partout aujourd'hui.

Un bon dispositif consiste à filtrer les sirops entre l'avant-dernière et la dernière caisse.

Pour éviter dans ce cas l'emploi des pompes d'extraction, on place parfois entre ces deux dernières caisses, sur le parcours du sirop, des filtres-mécaniques clos, qui s'intercalent sur ce tuyau d'alimentation. Tel est le filtre Philippe dont nous donnons ici le dessin (fig. 50).

Cette filtration a le gros avantage d'épurer suffisamment les sirops pour réduire de beaucoup les incrustations de la dernière caisse.

Enfin il existe sous l'appareil une tuyauterie qui

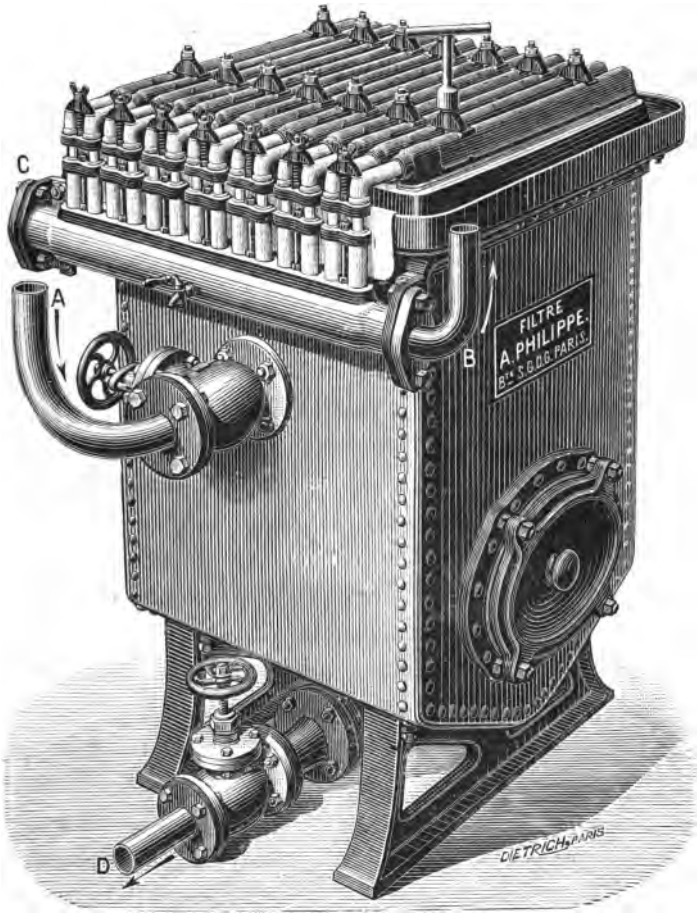


Fig. 50. — Filtre Philippe.

permet de faire communiquer toutes les caisses ensemble

lorsqu'il s'agit de les vider, ce qui arrive seulement au moment des nettoyages, ou à la fin de la fabrication.

Appareils à quadruple-effet avec chauffages à effets multiples, système Rillieux (fig. 51). — Les appareils à *quadruple effet* ne diffèrent des appareils à triple effet qu'en ce qu'il y a une caisse de plus intercalée entre le premier et le dernier corps. Nous avons construit un *quintuple-effet* qui comportait cinq caisses semblables, enfin, en 1869, M. Cail avait voulu construire un *nonuple-effet* qui aurait bien marché également, si nous avions su alors ce que M. Rillieux nous a appris depuis. Rien ne limite le nombre des effets multiples, si ce n'est le prix de l'appareil qui, après le quadruple-effet, ou le quintuple-effet dans certains cas avec le système Rillieux complet, est trop cher pour l'économie qu'il rapporte.

Mais, avec le nombre de machines que comporte une usine, le triple-effet seul est possible ; car, aussitôt qu'on aborde même le quadruple-effet qui consomme moins de vapeur que le triple-effet, on a un excédent de vapeur de retour que l'on perd sur le toit. Il est donc inutile de faire l'acquisition d'une quatrième caisse, puisque trois suffisent.

Il n'en est plus de même lorsque l'on utilise le système que nous allons décrire, inventé en 1882 par M. Rillieux, et qui, depuis, a révolutionné le matériel des usines au grand profit des fabricants qui en retirent une économie considérable.

Le principe du nouveau système Rillieux est de con-

sidérer chaque caisse du quadruple-effet comme un générateur de vapeur, capable, si on lui donne la pro-

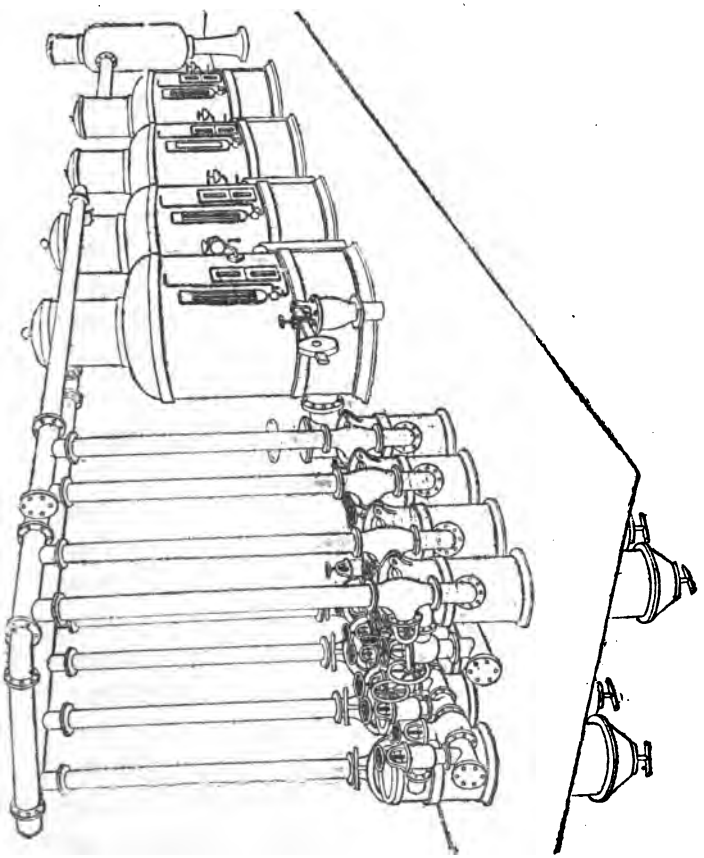


Fig. 51. — Appareil à quadruple effet avec chauffage.

portion convenable, de fournir toute la vapeur nécessaire au chauffage de la caisse suivante, en même temps

qu'au réchauffage du jus dans les différents points qu'on lui assigne.

Ainsi, dans un quadruple-effet, la première caisse fournit de la vapeur à 106 ou 108 degrés. Alors, on emploiera cette vapeur à chauffer cette seconde caisse, et en même temps tous les postes où l'on a besoin de porter les jus à 100 degrés, comme à la seconde carbonatation, à la cuite, aux sirops, etc.

La seconde caisse fournit de la vapeur à 100 degrés environ. Cette vapeur pourra donc chauffer, outre la troisième caisse, tous les postes où l'on a besoin de porter les jus à moins de 90 degrés, comme à la première carbonatation, dans les calorisateurs de la diffusion, les serpentins du haut de la cuite, etc.

Pour arriver à ce résultat, il suffira de calculer la quantité de vapeur que chacune des caisses aura à fournir, et donner à ces caisses la surface de chauffe nécessaire pour qu'elles puissent vaporiser cette quantité d'eau. Par conséquent, la première caisse devant fournir la vapeur pour la seconde, indépendamment de celle qu'elle aura à produire elle-même, aura une surface de chauffe plus grande que toutes les autres, et engendrera la vapeur nécessaire à tous les chauffages de l'usine en dehors de celle qui correspond à l'évaporation en quadruple-effet.

Par conséquent aussi, il faudra lui fournir, outre la vapeur des retours des machines, l'excédent de vapeur directe nécessaire au travail considérable qu'elle a à effectuer. Avec ce système, il n'y a aucune crainte

de perdre de la vapeur de retour, puisque celle fournie par les machines est insuffisante, même si l'appareil est à quintuple effet.

Quelle économie de vapeur réalisera-t-on ainsi ?

La réponse est facile *a priori*, sans calculs. En effet, la première caisse fournit de la vapeur avec le jus pour tous les chauffages. Pour évaporer ce jus, il faut un poids de vapeur égal sensiblement à celui qu'on produit. Donc les chauffages se font avec la même quantité de vapeur, que cette vapeur soit employée directement dans les serpentins, ou indirectement dans l'appareil. Mais, en l'employant dans l'appareil, on produit un résultat que l'on ne produit pas en envoyant la vapeur directement aux serpentins, et ce résultat c'est l'évaporation du jus. L'économie du système réside donc dans l'évaporation du jus avec la vapeur employée antérieurement et directement dans les serpentins de l'usine. Cette évaporation est donc obtenue pour ainsi dire gratuitement, puisqu'elle sert d'intermédiaire, presque sans perte, à l'emploi de la vapeur directe. De plus, les chauffages effectués avec les vapeurs de jus du second corps sont produits avec de la vapeur provenant déjà de la vapeur de jus du premier corps, en sorte que, 1 kilogramme de vapeur directe évapore 2 kilogrammes d'eau du jus avant d'effectuer les chauffages par le second corps. Ici l'économie est donc double de celle obtenue par les chauffages du premier corps.

Or, voici comment se répartit l'emploi de la vapeur dans une sucrerie en chiffres ronds pour un hectolitre de jus.

Diffusion	8	kilog.	de vapeur
1° Carbonisation	14	—	—
2° —	6	—	—
Evaporation (triple effet) . .	30	—	—
Chauffage du sirop	1	—	—
Cuites (1re et 2e)	8	—	—
Turbines et pertes	10	—	—
	77	kilog.	de vapeur

Si donc la vapeur directe employée à la diffusion, les carbonatations, le chauffage du sirop, soit en tout 29 kilogrammes, évaporent déjà 29 kilogrammes d'eau sur les 80 qu'il faut enlever au jus l'évaporation au lieu de 30 n'est plus que de 20. On gagne donc déjà 10 kilogrammes de vapeur par hectolitre de jus, tout en conservant le triple effet, et faisant le chauffage par le premier corps ; soit 10 kilogrammes sur 77, soit environ 13 pour 100 d'économie.

Si on remplace le triple-effet par le quadruple-effet, et que l'on fasse tous les chauffages avec le premier et le deuxième corps, ce que l'on appelle faire les *chauffages à double et à triple effet*, on abaisse la consommation à 54 kilogrammes de vapeur au lieu de 77, soit une économie de 30 pour 100.

Ainsi, on peut économiser par ce système jusqu'à *trente pour cent* de la vapeur employée actuellement dans les sucreries montées avec un triple effet, c'est-à-dire qu'au lien de brûler 120 kilogrammes de charbon par tonne de betteraves, on ne consommera plus que 84 kilogrammes.

C'est ce qui a fait le succès du nouveau procédé Rillieux, succès qui va s'accentuant tous les jours, car en Autriche où il a été monté dans des conditions tout à fait favorables, en adoptant tous les chauffages à effets multiples possibles, cuites, emplis, etc., on est descendu presque à 60 kilogrammes.

Le système Rillieux est donc le procédé de l'avenir, et toute sucrerie neuve qui l'applique entièrement est assurée du minimum de consommation de charbon. Le charbon étant après la betterave la seule dépense sérieuse à faire dans l'usine, on conçoit l'immense intérêt qu'il y a à en abaisser la consommation à l'arrière limite.

Le montage des chauffages à effets multiples, conjugués au quadruple effet, s'exécute de la manière suivante :

Il faut d'abord que les calorisateurs de la diffusion soient tubulaires et aient une surface de chauffe double au moins de celle qu'elle possède lorsque l'on emploie la vapeur directe.

Les jus de diffusion chaulés, passent dans des réchauffeurs chauffés par la vapeur du deuxième corps, et sortent à 80 degrés environ de ces réchauffeurs, puis sont carbonatés à cet état, sans réchauffage ultérieur.

Les jus, avant d'aller à la seconde carbonatation, sont chauffés à 100 degrés dans des réchauffeurs et vont de là dans les chaudières de seconde.

Les jus, avant d'entrer dans l'appareil à quadruple effet sont réchauffés encore à 100 degrés dans des réchauffeurs par la vapeur du premier corps.

Les sirops sont chauffés également à 100 degrés par le premier corps avant filtration.

La cuite reçoit la vapeur moitié du premier corps, moitié du second, et sa surface de chauffe doit être calculée en conséquence.

On voit que tout le système consiste à donner à chacun des corps du quadruple-effet la proportion convenable à l'office qu'il a à produire, et à faire passer tous les liquides à réchauffer dans des réchauffeurs indépendants de la chaudière dans laquelle on les dirige pour les travailler à la température convenable. Enfin, qu'il faut donner aux calorisateurs de la diffusion et à la cuite les surfaces de chauffe suffisantes pour que les vapeurs de l'appareil portent les liquides sucrés à la température voulue.

Tout cela est affaire de grands calculs, et un montage ne réussit bien qu'autant que les proportions sont exactement prescrites et observées.

Les réchauffeurs que l'on emploie dans ce montage sont de deux sortes.

En Autriche, on emploie des réchauffeurs de forme quadrangulaire, formés de tubes verticaux serrés entre deux plaques perforées comme les appareils et ouverts par en dessus en plein air. Le courant de jus y est assez lent, aussi la surface de chauffe est-elle fort grande.

En France, nous avons préféré les réchauffeurs fermés, dans lesquels refoulent des pompes, de manière à avoir un courant rapide de jus. Aussi, avons-nous

construit ces réchauffeurs de petite dimension, peu encombrants et dont le travail est fort régulier.

L'un et l'autre système marchent bien néanmoins, le prix de l'appareil seul diffère, le montage revenant plus cher en Autriche qu'en France. Mais chaque pays, chaque constructeur a ses préférences, et l'ingénieur doit suivre les préférences de sa clientèle, lorsque le résultat final n'en souffre pas.

Appareils d'évaporation horizontaux. — Dans tout ce qui précède, nous avons parlé des triple-effet et quadruple-effet verticaux. Nous avons dit que les appareils Rillieux étaient horizontaux, en forme de chaudières tubulaires de locomotive.

En Autriche, on construit aujourd'hui tous les appareils avec des caisses horizontales. Il est utile d'en donner la description succincte.

Les appareils Rillieux avaient plusieurs inconvénients. La hauteur du liquide était très grande à cause de la forme cylindrique de la chaudière, et l'espace réservé à la vapeur au-dessus du jus était trop petit, parce que les tubes arrivaient plus haut que la moitié de la circonférence. Enfin, les tubes n'étaient pas démontables ou se démontaient difficilement et un à un, ce qui était pénible pour le nettoyage qui demandait plus d'une journée.

On a remédié à tous ces inconvénients, en faisant d'abord la chaudière plate par en dessous, ce qui lui donne l'aspect d'une *malle* (terme employé en Autriche) ou d'une chaudière de Watt en tombeau (fig. 53 et 54). De la sorte, les tubes répartis parallèlement à ce fond

plat occupent une faible hauteur pour arriver à une surface de chauffe égale. Enfin le jus obtenant ainsi une faible épaisseur, l'espace pour la vapeur est considérable. On a donc réussi du premier coup à éviter presque tous les inconvénients de la chaudière entièrement cylindrique.

Quant à la manière de fixer les tubes, elle est fort ingénieuse. Les plaques tubulaires d'avant et d'arrière sont percées de trous de diamètre plus grand que les tubes. Ceux-ci dépassent et reçoivent chacun une collerette en caoutchouc vulcanisé. Enfin une chape, prenant huit tubes à la fois, serre d'un seul coup les huit caoutchoucs contre les plaques tubulaires et assure l'étanchéité des huit joints. On place donc huit tubes à la fois. Pour le nettoyage on enlève la chape qui est serrée et retenue par un seul boulon, et les huit tubes sont débarrassés d'un coup. On les retire pour les nettoyer et on met un autre jeu neuf à la place avec sa garniture de caoutchouc et sa chape. De la sorte, en quelques heures, on peut remettre à neuf toute la partie tubulaire d'un appareil, ce qui est un gros avantage pour éviter les pertes de temps du nettoyage. Seulement les caoutchoucs ne pouvant servir deux fois, c'est une dépense réelle qui fait que l'on n'effectue ces changements de tube que le moins souvent possible.

Appareils à ruissellement. — Le gros obstacle à l'évaporation dans tous ces appareils est la grande masse de jus en circulation. En effet, il n'y a que le liquide qui mouille immédiatement la paroi chauffante qui

s'évapore, tout le reste n'est qu'un obstacle au départ de la vapeur, qui occasionne un retard sensible à ce départ et, par conséquent, diminue le rendement de l'appareil. Si l'on n'avait qu'une couche mince de jus sur les tubes, juste de quoi mouiller la surface, les chaudières évaporeraient bien davantage.

On a essayé d'arriver à ce *desideratum* en faisant *ruisseler* le jus à la surface des tubes, laissant l'intérieur entièrement vide pour le départ de la vapeur. Le premier appareil de ce genre est dû à un Américain nommé Lillie et eut peu de retentissement, tandis qu'un autre Américain, Yaryan, usant du même principe, fit beaucoup de réclame pour prôner ses triple-effet et obtint de brillants résultats en évaporant de l'eau ou des liquides purs. Mais les jus, fort incrustants semblent avoir rendu ses appareils impraticables. Nous disons « semblent » parce qu'à l'heure actuelle on n'est pas encore fixé sur ce point, les réussites et les mécomptes se partageant en parties égales, sans qu'aucun rapport bien circonstancié ait élucidé complètement la question.

La question étant posée au public, immédiatement chacun a cherché à résoudre le problème d'appliquer le ruissellement aux appareils existants. A cet effet, on installa sur le sommet des tubes des appareils verticaux des dispositifs plus ou moins bien conçus pour distribuer le jus en couches minces à l'intérieur. Mais on en est encore aux expériences, on cherche encore.

Quoi qu'il en soit, il est probable que le problème

sera résolu un jour, si toutefois les incrustations ne sont pas un obstacle insurmontable.

Chaudières à cuire. — Le sirop sortant de l'appareil d'évaporation est à 25 ou 30 degrés Baumé, c'est-à-dire qu'on a enlevé au jus dans cette opération 80 à 85 pour 100 de l'eau qu'il contient. Il faut maintenant le concentrer complètement jusqu'au point de cristallisation.

Au préalable on le filtre, car il est louche. Les moyens de filtration du sirop sont les mêmes que pour le jus, soit sur le noir animal, soit sur les filtres mécaniques. Le noir animal est d'ailleurs presque totalement abandonné.

Le sirop filtré est reçu dans un bac de réserve où va puiser le cuiseur.

L'opération de *la cuite* consiste à évaporer le sirop dans un appareil dit *chaudière à cuire*, appelé en Allemagne, en Autriche, en Russie, en Amérique, le *vacuum*.

C'est une chaudière munie de serpentins de vapeur et dans laquelle on finit cette évaporation dans le vide produit, comme pour le triple-effet, par un condenseur et une pompe à air.

Les chaudières à cuire (fig. 52) sont cylindriques, verticales, surmontées d'un dôme et munies de leur vase de sûreté, et se terminant à la partie inférieure par une partie conique, tronquée par un plan perpendiculaire à l'axe, au centre duquel se trouve une porte de 50 à 80 centimètres pour écouler la masse cuite. Cette porte se ferme par contact contre son armature, porte et armature étant parfaitement dressées, et l'une glissant

sur l'autre horizontalement autour d'un axe excentré pour opérer l'ouverture et la vidange.

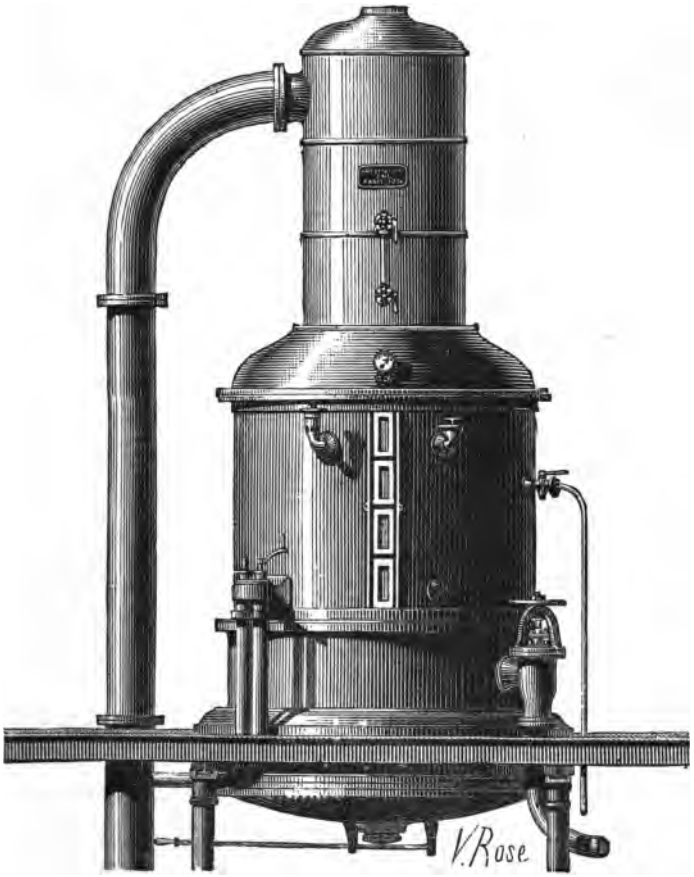


FIG. 52. — Chaudière à cuire verticale (Cail).

Ordinairement, il y a dans la chaudière trois ou

quatre serpentins, tapissant les parois, jusqu'à la porte, et un serpentin supplémentaire dans le centre, de manière à chauffer également tout le contenu. Chaque serpentin a son robinet à l'extérieur, mais tous sont réunis sur un collecteur extérieur recevant sa vapeur directement des générateurs. La partie cylindrique porte des lunettes allongées, disposées sur une génératrice, dans toute la hauteur de la chaudière. Elle a, comme les chaudières d'évaporation, son robinet à beurre, un second robinet plus gros pour *casser le vide* en laissant rentrer l'air extérieur afin de pouvoir évacuer la masse, un manomètre indiquant le vide dans l'intérieur, et un autre donnant la pression dans le collecteur de vapeur. Enfin, sur le côté en bas, bien à la main du cuiseur, une *sonde* pour prélever un échantillon de la masse et juger de son état de cuisson. La sonde est simplement une longue tige de 50 à 60 millimètres de diamètre s'enfonçant dans la masse, en glissant à frottement doux dans une armature en bronze. Sur un point de la tige, presque à son extrémité, se trouve une encoche. Lorsque l'on tire à soi la sonde, on fait sortir l'encoche hors de l'armature, le bout de la sonde continuant à boucher l'ouverture. Dans l'encoche est resté un peu de la masse cuite formant échantillon, et c'est sur cet échantillon, que l'on enlève au doigt, que l'on juge du degré d'avancement de la cuisson.

Autrefois, on cuisait dans des chaudières ouvertes et à feu nu, et l'on jugeait du degré de la cuisson d'après l'aspect que prenait sous le doigt une goutte de liquide

prise comme épreuve. Si cette goutte écrasée entre le pouce et l'index que l'on écartait ensuite brusquement, formait un fil continu, on disait que l'on était arrivé au point *du filet;* si le fil se cassait en formant un crochet plus ou moins long, on était arrivé au *crochet léger* ou au *crochet fort*. Ce dernier point était l'indice de la fin de la cuite, le sirop ne contenant plus que 12 à 15 pour 100 d'eau.

On coulait alors ce sirop très épais dans des bacs ou des formes, que l'on abandonnait dans une étuve, et au bout d'un certain temps tout cristallisait.

Avec les chaudières à cuire closes et travaillant dans le vide, on opère la *cuite en grains*.

On a remarqué en effet que, si dans un sirop cuit au filet on introduit à plusieurs reprises successives du sirop plus léger, il se forme dans la masse de petits cristaux presque imperceptibles ; si l'on continue à alimenter ce sirop en voie de cristallisation avec le sirop ordinaire, les cristaux grossissent au point de devenir, au bout d'un certain temps d'alimentation, gros comme un grain de sel gris. En alimentant ainsi régulièrement, on *nourrit* le grain sans en former d'autres, et le talent du cuiseur est de savoir obtenir des grains bien réguliers, tous de même grosseur. C'est ce que l'on appelle *cuire en grains*.

Quand la chaudière est entièrement pleine de cette masse de grains mouillés par un liquide peu abondant, appelé mélasse, on a ce que l'on appelle la *masse cuite*, que l'on *serre* autant que possible en évaporant les

dernières portions d'eau de la mélasse, de telle sorte que la masse ne contienne plus que 5 à 6 pour 100 d'eau.

A ce moment, l'opération est terminée. Alors on arrête la machine, on *casse le vide*, on ouvre la porte de vidange, et la masse tombe dans des bacs plats placés en dessous et disposés de telle sorte que l'on puisse facilement les vider.

Telle est sommairement la méthode de la cuite en grain, qui donne une masse cristalline directement, et qui abrège considérablement le temps du travail sur les méthodes anciennes à l'air libre, tout en donnant des produits meilleurs et plus blancs.

Nous avons dit que, par le procédé Rillieux, on faisait la cuite en se servant de la vapeur du premier et du second corps pour évaporer la masse. Pour pouvoir travailler ainsi, il faut avoir une grande surface de chauffe, et les appareils à cuire tels que nous venons de les décrire ne conviennent pas du tout à ce genre de travail.

Les chaudières que l'on emploie pour cet usage sont horizontales, de même construction que les chaudières d'évaporation que nous avons décrites précédemment; seulement, le fond plat convient mal à l'évacuation de la masse.

M. Lexa, qui s'est appliqué à l'étude de la construction des chaudières à cuire horizontales, a créé deux modèles de *vacuum* en Autriche. Dans son premier modèle, le fond plat est remplacé par trois cônes munis

chacun d'un serpentin intérieur pour chauffer la masse contenue dans le cône, et d'une porte de vidange.

Dans le second modèle, qui est beaucoup plus élégant et plus pratique, le fond reste plat, mais il est formé par deux volets mobiles qui peuvent glisser horizontalement sous la chaudière, à droite et à gauche, de manière à laisser tout le fond béant, et permettre l'écoulement rapide de la masse (fig. 52 et 53).

Ces chaudières horizontales sont monumentales et remplacent petit à petit toutes les chaudières verticales existant autrefois en Autriche. En France, il n'y en a encore qu'une, mais il est à espérer que l'on y arrivera, comme en Autriche et en Russie, car ces chaudières réalisent un véritable progrès tant au point de vue de la construction qu'à celui d'une meilleure utilisation de la vapeur de l'usine plus économique, et aussi parce que la masse cuite est plus belle et le rendement plus élevé.

Et en effet, avec la vapeur directe dans les serpentins, on brûle le sirop ; cette vapeur est trop chaude, aussi les masses sont-elles très colorées. Avec les cuites horizontales, au contraire, la vapeur est plus froide, n'abîme pas du tout le sirop, et la masse est blonde et riche.

D'ailleurs, les premières chaudières à cuire de M. Rillieux étaient horizontales et chauffées avec la vapeur du premier corps du triple-effet, et les rapports qu'on en fit en 1845 rapportent que les masses étaient cristallines et blondes comme on ne pouvait pas les obtenir avec les chaudières à cuire d'Howard.

Bacs d'attente et refroidisseurs Bocquin-Lepchinsky. — La masse cuite est donc, d'après tout ce qui précède, du sirop dont une grande partie du sucre s'est séparée à

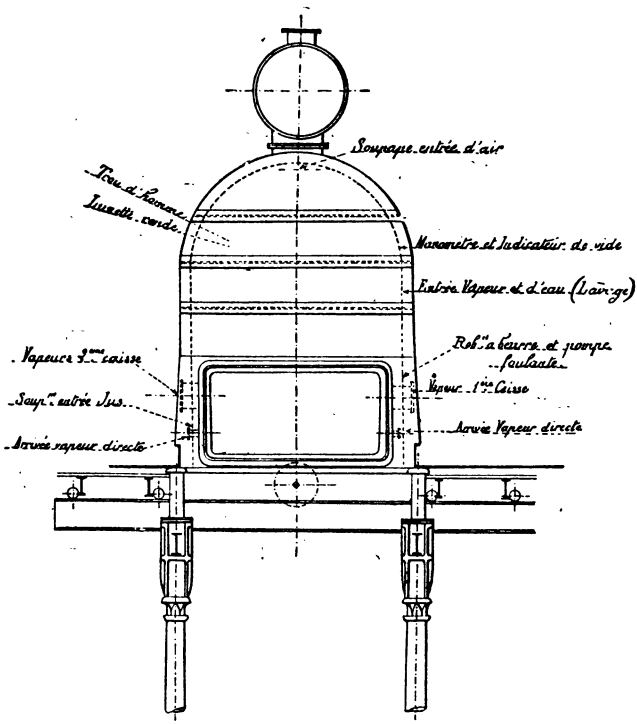


Fig. 53. — Chaudière à cuire horizontale (Mariolle-Pinguet).

l'état de cristaux. La *mélasse* qui mouille ces sirops contient par conséquent, outre du sucre, toutes les impuretés du jus de betterave déféqué.

Si on laisse refroidir la masse cuite, le sucre qu'elle

contient en dissolution continue à cristalliser encore un peu autour des cristaux existants par attraction moléculaire ; mais les cristaux sont moins purs et moins

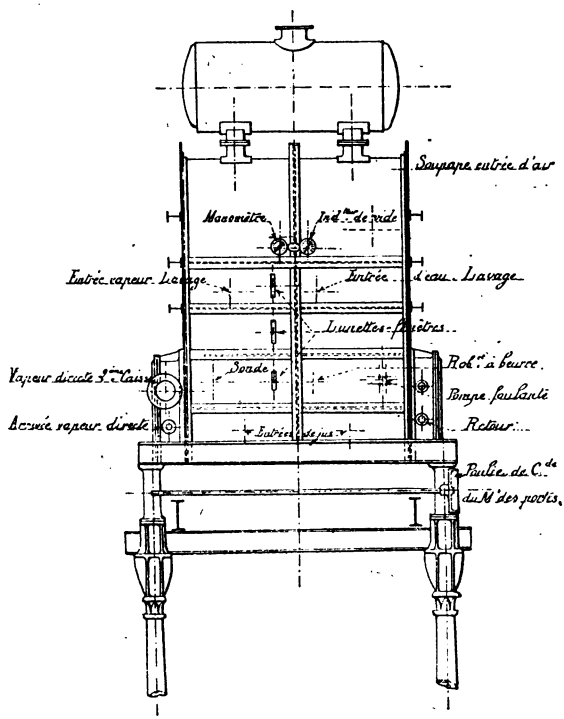


Fig. 54. — Chaudière à cuire horizontale (Mariolle-Pinguet).

brillants que ceux recueillis dans la masse chaude. Néanmoins, comme on a intérêt, au point de vue du rendement immédiat, à laisser refroidir la masse, si l'on ne tient pas à la beauté excessive du grain, on a imaginé

certains dispositifs pour effectuer ce refroidissement dans les meilleures conditions possibles.

Le moyen le plus simple est de disposer sous la chaudière à cuire de grands bacs très plats et d'y laisser couler la masse.

Un autre moyen fort usité, imaginé depuis bien longtemps par un Allemand, Schutzenback, est de recevoir la masse dans une série de petits bacs tronconiques, recevant 100 kilogrammes de masse seulement, et d'emmagasiner ces petits bacs dans une salle fraîche jusqu'à complet refroidissement. Les Schutzenback présentent une grande main-d'œuvre, mais ils ont des avantages sérieux au point de vue du turbinage, comme nous l'expliquerons plus loin.

Leur manœuvre se fait au moyen de petits chariots formés de deux grandes roues entre lesquelles on peut saisir chaque bac par deux oreilles ménagées à cet effet, ce qui permet de les transporter facilement et de les faire pivoter sur eux-mêmes en les renversant complètement pour les vider, sans secousse et sans fatigue.

Un système qui ne date que de quelques années et qui est à l'ordre du jour, c'est le refroidisseur Bocquin-Lepchinsky. C'est un grand bac à fond arrondi, dans l'axe horizontal duquel tourne très lentement un agitateur. Un courant d'eau froide est entretenu tout autour dans une double enveloppe. Ce bac a la contenance d'une cuite, et, tout le temps que dure le refroidissement, on fait mouvoir l'agitateur. Il en résulte que,

malgré le refroidissement, les cristaux restent détachés les uns des autres et se nourrissent davantage, tandis que, dans les bacs ordinaires ou les Schutzenback, la cuite se prend en masse solide qui ne permet pas une cristallisation régulière. L'appareil Bocquin-Lepchinsky, grâce à ce mouvement, donna donc un plus grand rendement et des cristaux plus gros que le refroidissement dans les bacs.

Depuis, un Allemand a voulu faire breveter le même dispositif sous le nom de *cristallisation en mouvement*, qu'il appliquait, d'ailleurs, à tous les produits de la sucrerie, tandis que le Bocquin-Lepchinsky ne s'adressait qu'à la masse cuite, dite de premier jet.

Si l'on applique le mouvement dans une mélasse encore cristallisable, dans laquelle on ajoute une amorce de cristaux, ceux-ci se nourrissent, et l'on arrive ainsi, par un travail mécanique de quelques heures, à des résultats que l'on était obligé d'attendre plusieurs mois pour les obtenir avec le travail ordinaire. C'est donc un progrès qui occupe en ce moment les esprits, mais qui n'est pas encore assez reconnu pour être entré complètement dans la pratique. On n'en est encore qu'aux essais, mais ces essais sont couronnés d'assez de succès pour que l'on soit en droit d'attendre un grand avenir à la cristallisation en mouvement.

Turbinage.

La masse cuite, composée comme nous venons de la définir, passe ensuite à la *turbine* pour en séparer les cristaux.

La turbine, ou essoreuse, se compose d'un tambour cylindrique dont l'axe est vertical, ayant 600 à 800 de diamètre, et dont la paroi est formée par une toile métallique. Le fond est plein, et une partie conique entoure l'axe de rotation. Le tout est enfermé dans une caisse cylindrique en fonte, portant dans le fond la crapaudine sur laquelle repose l'axe. Le mouvement est donné soit par en dessus (fig. 55) au moyen d'un cône de friction, soit par en dessous du tambour (fig. 56) au moyen de courroies.

Le tambour tournant avec une vitesse de 400 à 600 tours, si l'on introduit à l'intérieur un certain poids de masse cuite, 50 kilogrammes par exemple, toute la masse que l'on a eu soin de délayer au préalable avec un peu de sirop, vient s'appliquer sur la paroi verticale à cause de la force centrifuge. Comme cette paroi est formée d'une toile métallique serrée, la mélasse la traverse, tandis que les cristaux restent dessus, dans le tambour. En *clairçant* ces cristaux avec de l'eau, du sirop pur ou de la vapeur, ou même de l'air humide, on sépare les dernières portions de mélasse qui les souillent, et l'on obtient le sucre blanc en grains.

Les turbines, comme nous venons de le voir, sont de

Fig. 55. — Turbine Cail.

deux sortes, soit qu'elles reçoivent le mouvement en

dessus, turbines françaises, soit qu'elles le reçoivent sous le tambour, turbines autrichiennes, genre Fesca.

La turbine française, dont l'axe est tenu par les deux extrémités, est plus stable et généralement son rendement est meilleur. Mais le mouvement en dessus exige

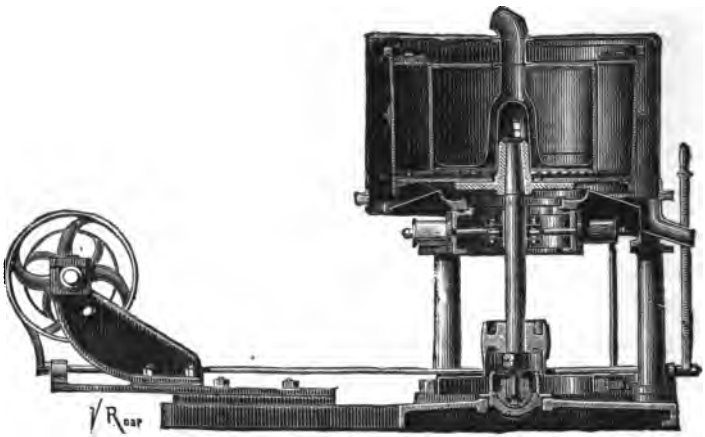


Fig. 56. — Turbine à mouvement en dessous.

la présence d'une arcade qui s'appuie sur le bâti de la machine, et est encombrante.

La turbine à mouvement en dessous laisse le tambour, que l'on appelle aussi *le panier*, tout à fait abordable dans toute sa surface, ce qui est un grand avantage pour le chargement. Mais l'axe est retenu en deux points rapprochés, en bas, et vers le milieu sous le tambour, en sorte que celui-ci est en porte-à-faux. Il en résulte un mouvement de nutation à la mise en marche, que Fesca a corrigé au moyen d'un régulateur

spécial placé dans le panier dans le cône existant au centre de toute turbine pour régler l'épandage de la masse cuite.

Les maisons françaises qui ont construit ce dernier genre de turbine ont corrigé partiellement ce défaut inhérent à l'appareil lui-même, en plaçant au centre même du cône le second point d'attache de l'axe, de manière que le centre de gravité de la turbine soit entre les deux points fixes, évitant ainsi le régulateur Fesca.

Néanmoins les excellentes qualités de la turbine française la font préférer malgré ses défauts, et l'on n'utilise la seconde que quand on ne peut faire autrement, surtout dans les modèles spéciaux au turbinage des raffinés comme la turbine Frémaux représentée figure 56, qui exigent que le panier soit entièrement découvert.

Il existe une troisième espèce de turbine employée surtout dans les sucreries de cannes, qui est d'origine américaine, la turbine Weston. Le panier est suspendu à l'extrémité inférieure d'un axe vertical qui n'est retenu que par un seul point en haut, à l'autre extrémité de l'axe, au centre de la poulie de transmission, de manière que la courroie tire sur le point de suspension sans déranger la verticalité de l'axe. Ces turbines ont été ainsi construites de manière à pouvoir les vider par en dessous, le cône central se déplaçant verticalement, et laissant un trou béant par lequel on rejette le sucre, sans y mettre la main, au moyen d'une petite pelle. On évite ainsi la souillure des doigts des ouvriers nègres peu soigneux de ces pays.

La vidange par en dessous ayant quelqu'avantage, on l'a exécutée aussi dans les turbines genre français en laissant dans le fond du tambour une ouverture qui se ferme avec une porte à glissière et correspond à un entonnoir ménagé dans l'enveloppe en fonte qui enferme toute turbine et qui reçoit la mélasse essorée.

Enfin on a inventé récemment une *turbine continue* (fig. 57) dans laquelle on fait arriver régulièrement la masse cuite sans arrêt, et qui se vide seule du sucre essoré qui tapisse son tambour. Le principe de cette machine est que le tambour, au lieu d'être un cylindre, est un cône renversé. On le charge par le bas du cône, et la force centrifuge fait remonter continuellement le sucre le long de la paroi conique qui va en s'élargissant. Cette invention due à MM. Szczeniowski et Piatkowski, s'améliore chaque jour entre les mains de leurs inventeurs. D'abord on n'était parvenu qu'à produire du sucre jaune au moyen de cet appareil. On commence aujourd'hui à obtenir des sucres plus blancs. Cette invention est d'autant plus intéressante que l'avenir est aux appareils continus, et, surtout pour la turbine, il y a un gros intérêt à produire le travail automatique, ce à quoi on n'était pas encore arrivé jusqu'à ce jour.

Le turbinage de la masse cuite demande une installation bien aménagée pour être fait dans des conditions économiques, sans quoi la main-d'œuvre est considérable ; car le moindre défaut dans l'aménagement arrête tout le service et doit être remplacé par la main de l'ouvrier.

Autrefois le service de l'atelier des turbines se faisait de la manière suivante.

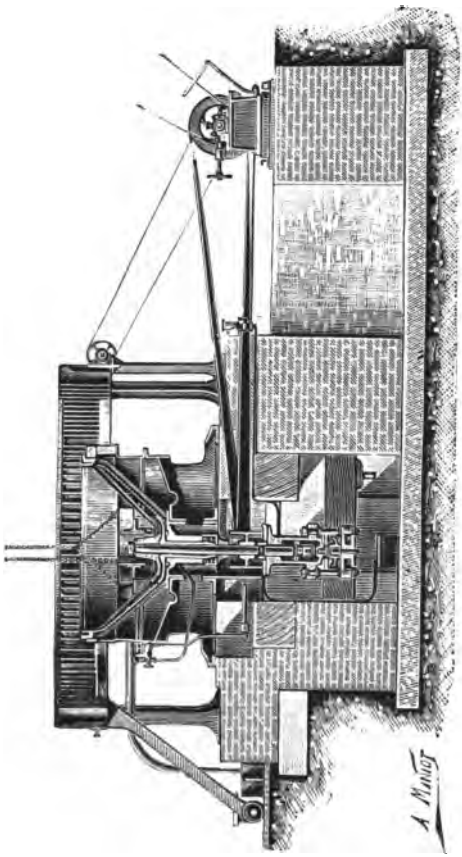


Fig. 57. — Turbine continue (construction Cail, système Szczeniowski et Piatkowsky).

La masse cuite, reçue dans le bac plat de refroidissement que nous avons décrit, était enlevée à la pelle et à la pioche, car c'est très dur, par des hommes debout

dans le bac et qui peinaient fort. A côté du bac était un *malaxeur*, espèce de moulin denté surmonté d'une trémie, dans lequel les hommes jetaient la masse cuite par pelletées. Le malaxeur rendait homogène cette masse, grâce surtout à un jet de mélasse coulant continuellement dans la trémie pour délayer un peu la masse.

Sous le malaxeur était une porte qui permettait de vider son contenu dans des bassins qu'on plaçait en dessous, et qui contenaient la charge d'une turbine. Deux hommes prenaient ce bassin et le vidaient dans la turbine, puis le reportaient sous le malaxeur, le remplissaient de nouveau pour charger une autre turbine, etc.

On a remplacé tout ou partie de cette installation primitive, par quelque chose de plus automatique. Si l'on conserve le bac plat, on est toujours obligé d'avoir des ouvriers pour pelleter la masse. Mais ceux-ci au lieu de la jeter directement dans le malaxeur, la déversent dans une nochère placée à leur portée et dans le fond de laquelle tourne une hélice. C'est dans cette nochère que tombe sans cesse la mélasse de délayage.

L'hélice transporte la masse dans le malaxeur, et du malaxeur elle tombe dans une autre hélice, ou vis d'Archimède inclinée, qui la remonte dans une nochère placée horizontalement derrière les turbines et dans toute leur longueur. Dans cette nochère tourne un axe muni de bras qui entretient l'homogénéité du mélange.

En face de chaque turbine on a ménagé dans la nochère une porte s'ouvrant dans une rigole qui conduit

la masse délayée dans le panier de la turbine. Quand le chargement est fait, on ferme la porte. Mais en opérant ainsi on charge irrégulièrement. Alors on a imaginé de mettre entre la nochère et chaque turbine un petit bac jaugeur que l'on emplit en ouvrant la porte et la fermant ensuite quand on est arrivé à l'emplissage parfait; une autre ouverture permet de le vider dans la turbine. Bien plus, on est arrivé à faire fonctionner les deux portes d'un même coup, avec un seul bras de levier, l'une ne s'ouvrant que quand l'autre est déjà fermée.

Tout ce système d'hélices marche très bien. Mais on lui reproche d'abîmer le grain. Aussi, lorsque la disposition de l'atelier le permet, préfère-t-on élever le bac refroidisseur de manière que le malaxeur déverse directement dans la nochère distributrice munie de ses petits bacs jaugeurs. Quand on peut opérer ainsi, le montage est très bon.

Dans les usines qui font usage de la turbine Fesca ou similaire, ouverte entièrement par en dessus, on fait usage le plus souvent de petits wagonnets s'ouvrant par en dessous et contenant la charge d'une turbine. Ces wagonnets roulent sur des rails suspendus au-dessus des turbines; on les emplit directement sous le malaxeur, on les amène au-dessus des turbines et on les vide d'un seul coup dans celle-ci. Ce système de wagonnets est même le seul recommandable lorsque l'on a une longue enfilade de turbines, les hélices ne donnant pas un travail régulier dans ce cas. Aussi a-t-on construit des wagonnets à ouverture latérale pour le service

des turbines françaises et l'on s'en trouve bien, quoique ce soit moins commode qu'avec les turbines Fesca.

Lorsque l'on fait usage pour couler la cuite des petits bacs Schutzenback, on peut alors choisir la place du malaxeur, le mettre à un étage supérieur aux turbines et faire usage des wagonnets sans aucune difficulté.

Pour vider ces bacs dans le malaxeur, on a eu soin de ménager sur le fond des bacs un petit trou fermé par un bouchon à vis. On amène le bac plein au-dessus du malaxeur en le tenant par son support à roues, on le renverse sens dessus dessous, on dévisse le bouchon, et, par cette ouverture, on introduit la buse d'une soufflerie qui fait pression derrière la masse et la force à se démouler d'un bloc de l'intérieur du bac. Ce bloc conique est dévoré par les dents du malaxeur, et parfaitement mélangé avec un peu de mélasse. L'opération va très bien et est très vite faite. La soufflerie que l'on emploie est une petite pompe à compression d'air, et c'est au bout d'un long tube en caoutchouc que ce trouve la buse que l'on introduit dans le trou du fond du bac.

Mais le procédé le plus rationnel de tous est l'emploi du malaxeur Bocquin et Lepchinski déjà décrit. La masse cuite bien mélangée, refroidie à point dans l'appareil, se recueille avec la plus grande facilité dans les wagonnets de chargement des turbines par une porte ménagée au bas du malaxeur. Ici, plus d'ouvriers pour extraire la masse du bac, plus de destruction de cristaux, travail propre et facile, suppression d'une grande

partie du personnel des turbines, grande propreté dans l'atelier, enfin tout ce que l'on peut désirer de mieux pour ce genre de travail fort délicat. C'est de tous les montages celui qui présente le plus d'avantages; seulement il faut que la chaudière à cuire soit remontée d'un étage, ce qui n'est pas un gros embarras.

Lorsque la turbine est chargée, on la met légèrement en mouvement avec la main d'abord, puis on embraie la courroie de mise en marche ou l'on rapproche les cônes, suivant le modèle de la machine, et on laisse tourner pendant un nombre de minutes suffisant, correspondant au degré de pureté que l'on veut obtenir pour les cristaux.

En effet, suivant les cas, suivant les habitudes des marchés, suivant l'habileté commerciale du fabricant, on a intérêt à faire à la turbine des sucres extra-blancs comme en Russie, ou en France les sucres cotés, des sucres blancs, des sucres jaunes ou des sucres roux, toutes qualités qui demandent un tour de main spécial.

Pour faire les sucres extra-blancs, il faut tourner longtemps, 10 minutes, il faut claircer à l'eau, à la vapeur, de manière à obtenir une masse dure et compacte dans la turbine.

Le clairçage est une opération qui consiste à verser sur la masse en mouvement une certaine quantité de liquide, clairce ou eau. Ce liquide déplace la mélasse que la force centrifuge ne peut détacher des grains. Si la clairce est un sirop de sucre, elle se substitue à la

mélasse ; si c'est de l'eau, elle dissout une certaine quantité de sucre et agit comme la clairce sirop, qui n'est, en définitive, que du sucre dissous dans l'eau. Le clairçage à la vapeur agit d'abord comme l'eau, parce qu'une partie de la vapeur se condense entre les cristaux. Mais quand le sucre a pris une certaine température par suite de cette condensation, la vapeur, ne se condensant plus, sèche les cristaux et les débarrasse de la clairce chaude très fluide qui les recouvre. On a alors dans la turbine un sucre très blanc et très sec.

Si l'on veut un sucre blanc ordinaire, on clairce avec une solution de sucre moins pure que celle employée dans le cas précédent. On emploie à cet effet ce qui coule de la turbine au moment du clairçage à la vapeur, produit jaunâtre, mais infiniment plus pur que la mélasse primitive. Puis on clairce à la vapeur. Quatre à cinq minutes suffisent pour obtenir ce produit.

Pour faire le sucre jaune ordinaire, on fait tourner trois ou quatre minutes en ajoutant un peu de clairce. Le temps et la nature de la clairce sont dépendants du titrage que l'on veut obtenir pour ces sucres. Si l'on n'ajoute pas de clairce du tout, on a des sucres bruns de bas titrage, contenant encore une certaine quantité de mélasse.

On a essayé de substituer au clairçage à la vapeur, qui dissout beaucoup de sucre, l'emploi du mélange d'air et de vapeur, au moyen d'un injecteur à vapeur entraînant une certaine quantité d'air avec elle. Ce système réussit bien et est plus économique que la vapeur seule.

On a aussi essayé l'air chaud humide, mais tous ces systèmes se sont peu généralisés, leur avantage ne paraissant pas très supérieur à l'emploi de la simple vapeur.

Lorsque l'on juge que l'on a suffisamment turbiné la masse cuite, on arrête, on recueille le sucre soit en le ramassant dans des sacs, soit en le faisant tomber sous la turbine dans des entraîneurs mécaniques, puis on le monte au grenier à sucre, opération qui se fait généralement au moyen d'élévateurs à godets semblables à ceux employés dans les moulins à farine, ou bien, lorsque le sucre est en sac, au moyen d'un monte-charge. Dans le grenier à sucre, celui-ci est séché d'abord, puis mélangé, ensaché et expédié.

Le séchage, pour les sucres extra, se fait ordinairement en étendant le sucre en couches minces sur le sol, et le râtissant de temps en temps. Parfois on a recours à un appareil formé d'un grand cylindre tournant dans lequel on jette le sucre, et l'on fait passer dans le milieu un vif courant d'air. Lorsque l'on emploie cet appareil, on a soin d'y verser le sucre chaud sortant de la turbine; il en sort froid et sec.

Le mélange des sucres se fait en l'amoncelant en gros tas que l'on déplace à la pelle. Dans les grandes usines, cette opération se fait mécaniquement en formant le tas à un étage élevé sur une trappe que l'on ouvre pour faire tomber le sucre à un étage inférieur ; là on le précipite à l'étage au-dessous de la même manière, de sorte que toutes ces chutes successives donnent un mélange suffisant.

Le sucre est alors tamisé pour retenir les *rognons*, puis ensaché, plombé par la régie et expédié.

La mélasse qui souillait les cristaux dans la masse cuite, passe, avons-nous dit, à travers la toile métallique de la turbine, est projetée contre la paroi de l'enveloppe et coule par un trou ménagé au bas de cette enveloppe. C'est ce qu'on appelle l'égouttage, ou plutôt l'*égout de premier jet*, le sucre obtenu s'appelant *sucre de premier jet*.

L'égout est de qualité différente suivant le moment du turbinage. Il est très impur au début, puisque c'est de la mélasse, mais il devient très pur à la fin, au moment du clairçage à la vapeur. Autrefois on ne s'inquiétait guère de cette différence, et tout l'égout, du commencement à la fin, coulait dans le même bac.

Mais, depuis, on sépare ces égouts. Le premier, seul, va au bac commun. Le second qui a la même pureté que le sirop de sucrerie, et plus pur encore à la fin, est renvoyé à l'appareil pour être cuit comme le sirop ordinaire. Cette séparation se fait en garnissant l'ouverture de sortie d'une goulotte mobile que l'ouvrier dirige soit sur la nochère des égouts impurs, soit sur une autre nochère parallèle pour les égouts purs. Ce changement se fait même automatiquement en même temps que l'on ouvre le robinet de vapeur pour claircer, de manière à ce que l'ouvrier ne l'oublie pas, ce qui est une bonne chose, car tout montage qui aide l'ouvrier et ne met pas l'ouvrage à sa merci évite les erreurs et les mécomptes.

Cuite des bas produits. — Le sirop ou égout de

premier jet qui s'écoule de la turbine, est encore apte à produire des cristaux en le mettant dans les conditions nécessaires à cette cristallisation. Cette mélasse qui mouille les grains dans la masse cuite est encore très riche, et elle s'enrichit encore de la refonte du sucre pendant le clairçage.

Il faut la filtrer pour enlever les impuretés solides et mucilagineuses qu'elle pourrait contenir, puis l'évaporer pour la ramener au point de cuite et enfin l'abandonner dans des bacs à une température de 30 à 40 degrés pour lui permettre de cristalliser au bout de quelques jours.

La cuite se fait dans une chaudière à cuire dans le vide, généralement spéciale à cet usage. Parfois on cuit *les seconds*, comme on dit à l'usine, dans la chaudière à cuire *les premiers* entre deux cuites, lorsque l'on a le temps. Mais il est meilleur d'affecter une chaudière spéciale à ce travail.

La masse cuite est écoulée dans des bacs de même contenance que la chaudière, et qui sont disposés côte à côte en nombre suffisant pour contenir le travail de deux mois, temps maximum nécessaire à leur cristallisation. La masse cristalline est parfois très dure, si les seconds sont riches, parfois clairsemée s'ils sont pauvres. Cela dépend du rendement en premier jet, car si les premiers sont très abondants, comme cela doit être, on aura peu de seconds. Ces différences proviennent en général du plus ou moins de soins donnés à la fabrication, et aussi quelquefois de la qualité de la

betterave et de la difficulté que l'on a eu à la travailler.

La masse cuite de second, cristallisée dans les bacs, est turbinée et donne des *sucres de second jet* qui sont jaunes. L'égout des turbines doit être recuit encore, remis de nouveau dans des bacs cristallisoirs, et turbiné ensuite. Il donne les *sucres de troisième jet*. Il est rare que l'on fasse des quatrièmes jets.

Le temps nécessaire pour la cristallisation des troisièmes est beaucoup plus long que pour les seconds ; il faut au moins six mois. Aussi ne turbine-t-on souvent qu'au moment de recommencer la fabrication suivante pour ne pas reprendre ce travail en été, faire revenir exprès des ouvriers et tout le personnel comptable de l'usine.

Les bacs de second et de troisième jet sont contenus dans de vastes bâtiments qu'on appelle les *emplis*. Les emplis occupent tout le rez-de-chaussée de ces bâtiments, et l'étage supérieur est occupé généralement par les magasins à sucre qui doivent être fort vastes également.

Les emplis doivent être chauffés continuellement à 40 degrés. On obtient cette température soit au moyen d'un chauffage à vapeur, soit par des calorifères, soit par des sortes de *brasero* qui brûlent jour et nuit dans les salles. Le calorifère chauffé de l'extérieur est le plus pratique. Cependant, pendant la fabrication, le chauffage à vapeur est généralement employé, et même a-t-on grande économie à utiliser les vapeurs provenant du premier ou du second corps de l'appareil

d'évaporation pour obtenir la température requise au chauffage des seconds jets.

Magasin à sucre. — Tous les sucres de premier jet sont mélangés comme nous venons de le dire dans le magasin à sucre. C'est là que se fait l'échantillonnage et l'ensachage. Les sacs sont tous pesés et plombés par les soins de la régie. Ordinairement on ne conserve pas ces sucres en magasin. S'ils ne sont pas vendus on les expédie en entrepôt, où ils sont reçus moyennant quittances qui favorisent le commerce de vente et rachat sans que l'on ait besoin de toucher aux sucres déposés.

Les seconds jets donnent lieu au même trafic. Seuls les troisièmes jets restent plus longtemps en magasin à cause de leur fabrication tardive. Dans les pays où l'on ne fait que des sucres jaunes même en premier jet, on mélange parfois les premiers et les seconds, suivant les cours au degré de teneur en sucre.

Enfin, en Russie, où les sucres extra-blancs sont seuls de vente, les seconds et troisièmes jets restent en magasin pour être refondus l'année suivante dans les jus de betterave, afin de n'obtenir que des blancs.

Le magasin à sucre est donc le lieu où se traite la partie commerciale de la fabrique, et doit être assez vaste pour contenir un stock de produits fabriqués correspondant au travail de l'usine, si les conditions d'entrepôt ou de vente ne paraissent pas suffisantes au fabricant, si les cours sont trop bas, ou les charges trop grandes. Cela varie avec les pays, les récoltes, le

tempérament du directeur. Il n'y a pas de règle générale à établir sur ce point.

Mélasse.

L'égout du turbinage des derniers jets est la mélasse proprement dite. Cette mélasse contient encore 50 pour 100 de sucre. Mais le reste de la matière dissoute est composé d'impuretés organiques et salines qui empêchent toute cristallisation du sucre, et que l'on appelle de ce fait *matières mélassigènes*.

Les mélasses sont reçues dans de grands réservoirs pendant le travail, cuves, bacs ou citernes, puis mises en tonneaux (ce sont, en général, des tonneaux à pétrole qui servent à cet usage) et vendus à la distillerie.

Comme on obtient, en général, 3 pour 100 de mélasse en sucrerie, c'est donc 1,5 pour 100 du sucre de la betterave qui reste dans la mélasse.

Aussi a-t-on cherché divers moyens pour extraire le sucre de la mélasse, et y est-on arrivé parfois dans de bonnes conditions économiques. Malheureusement les législations barbares qui régissent l'impôt ont si souvent entravé le mouvement que faisaient les fabricants de sucre dans ce sens, sous prétexte qu'ils produiraient ainsi des sucres indemnes de droits, que les différents procédés proposés, adoptés, puis rejetés sous l'influence des droits injustes du fisc, puis repris lorsque la législation devenait plus équitable, n'ont pu se généraliser, en sorte que bien rares sont les fabriques qui

extraient le sucre des mélasses ou ont un système perfectionné qui leur permette de ne plus fabriquer de mélasse du tout.

Et cependant la suppression de la mélasse est un point fort intéressant pour la sucrerie, puisqu'elle augmente le rendement et supprime en même temps non seulement le travail long, fastidieux et malpropre des emplis, mais les emplis eux-mêmes, rendant libres les vastes espaces réservés à la cristallisation lente des bas produits !

Nous allons nous occuper maintenant de cette intéressante question et indiquer, non les différents procédés qui ont été proposés et qui sont légion, mais ceux qui ont survécu à l'expérience, et que l'on rencontre dans les fabriques privilégiées qui ont pu, soit par l'abondance du capital, soit par l'esprit plus éclairé de leur propriétaire, transformer leur mode de travail dans le sens de la suppression de la mélasse.

Extraction du sucre de la mélasse. — Le procédé le plus anciennement proposé a été l'emploi de l'alcool. En effet, si l'on mélange l'alcool à la mélasse, les produits organiques se dissolvent en majeure partie, tandis que le sucre, beaucoup plus insoluble, se précipite.

Un autre procédé, fort ancien aussi, consistait à mélanger la mélasse à la chaux. Il se forme un magma solide, une espèce de mortier dur, qui provient de la combinaison de la chaux avec le sucre sous la forme de sucrate tribasique insoluble. En lavant ce magma à l'eau

ou à l'alcool, on obtient un sucrate de chaux insoluble, et un liquide contenant la plupart des impuretés à l'état de sel de chaux.

Dans ces deux systèmes, beaucoup de sucre était entraîné dans les liquides de lavage. Ceux qui ont été proposés depuis ne sont que l'amélioration, le perfectionnement pratique de ces anciens essais auxquels sont attachés les noms de chimistes célèbres, comme Pésier, Margueritte et autres.

Enfin, Dubrunfaut a proposé et mis en pratique un système basé sur l'action osmotique des membranes pour séparer dans la mélasse le sucre des matières salines mélassigènes qui l'empêchent de cristalliser. L'*osmose* a eu un grand retentissement, a vécu glorieusement pendant un certain nombre d'années; mais le fisc l'a tuée, et elle n'a pu renaître, malgré les efforts de M. Leplay et les perfectionnements remarquables qu'il y a apportés. Néanmoins, quelques fabriques ont encore leurs *osmogènes*, et s'en servent lorsque l'état de la récolte, le cours des sucres, ou les difficultés fiscales le leur permettent, en sorte que nous devons les maintenir parmi les vivants qui, comme les marmottes, se réveillent de temps en temps, lorsque la saison leur paraît favorable.

Nous commencerons donc par l'osmose; ensuite nous parlerons des procédés calciques plus récents, pour finir par les plus modernes de tous, la cristallisation en mouvement, et le nouveau procédé Steffen.

Osmose. — Nous avons expliqué, au moment de la

description du travail de la diffusion, page 80, ce que

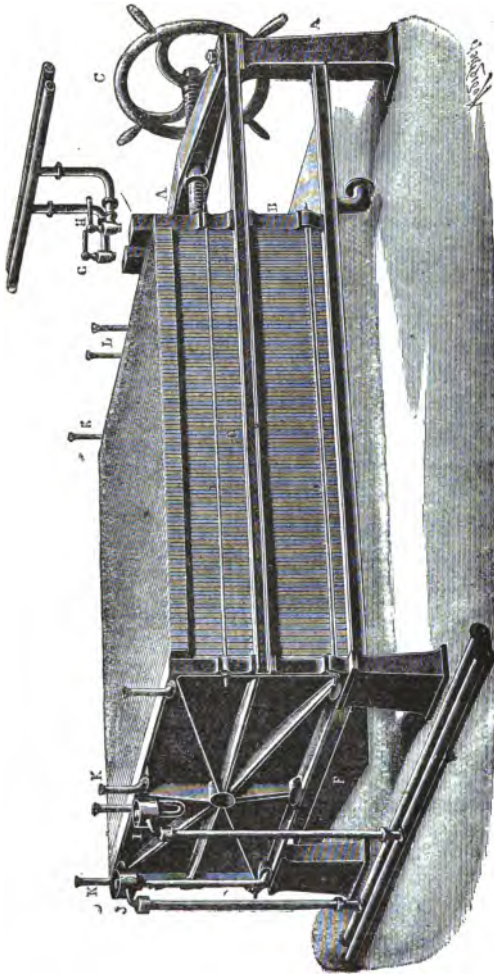


Fig. 58. — Osmogène (système Savary).

l'on appelle l'osmose, phénomène qui provoque à travers

les membranes le passage en sens inverse de deux courants liquides, lorsque les membranes sont mouillées sur leurs deux faces par des dissolutions de densités différentes.

Ce phénomène, qui se passe dans les plantes à travers les tissus organisés, a été essayé par Dutrochet et par Graham sur des membranes, ou septum, non végétales, d'origine quelconque, dans des appareils appelés endosmomètres.

M. Dubrunfaut appliqua la propriété osmotique aux mélasses, en se servant comme membrane du papier parchemin. Il remarqua les faits suivants :

Si d'un côté de la membrane on met de l'eau pure et de l'autre de la mélasse, il se fait un courant d'eau à la mélasse, et un courant salin de la mélasse à l'eau. Ce courant salin contient beaucoup de sels, quelques matières organiques et un peu de sucre. Au commencement du passage, les sels sortent presque seuls ; plus tard, le liquide contient un peu de sucre; plus tard encore, le sucre passe en plus grande abondance.

Si donc on limite le temps de contact entre la mélasse d'une part et l'eau de l'autre, on peut arriver à extraire de cette mélasse une grande partie de ses sels et presque pas de sucre, et dès lors la mélasse *osmosée* devient propre à cristalliser et à abandonner le sucre que retenaient les sels qui la souillaient et que lui a enlevé l'osmose.

C'est pour arriver à ce résultat que Dubrunfaut construisit son *osmogène* (fig. 58). Il se compose essen-

tiellement d'une série de chambres parallèles et juxtaposées, ayant la forme d'un parallélogramme de mince épaisseur, dans lesquelles circule dans les unes de l'eau et dans les autres de la mélasse, le tout à chaud, car l'osmose est beaucoup plus rapide sur les liquides chauds que quand ils sont froids.

Les chambres à mélasse sont intercalées entre les chambres à eau de deux en deux. Le liquide arrive par en bas et se déverse par en haut, en suivant un mouvement en zigzag provoqué par des séparations ménagées dans les cadres. Dans la chambre parallèle, le liquide suit le mouvement en sens inverse. Tous ces cadres travaillent isolément, et forment autant d'osmogènes élémentaires réunis côte à côte en un seul appareil.

On conçoit qu'en réglant convenablement le robinet qui fournit la mélasse et celui qui fournit l'eau, on arrive à pousser l'osmose au point que l'on désire.

Comme l'eau se charge de sels elle augmente de densité. Au contraire, la mélasse se chargeant d'eau diminue de densité. C'est en prenant la densité des deux liquides à la sortie que l'on règle l'appareil, après avoir déterminé par l'analyse à quels degrés on doit s'arrêter.

On obtient ainsi une mélasse osmosée et une eau d'exosmose.

Pour purifier le plus possible la mélasse de ses sels, on est obligé de pousser assez profondément l'osmose. Alors les eaux d'exosmose contiennent beaucoup de sucre.

Si on les concentre et qu'on les réosmose, on obtient des mélasses réosmosées qui peuvent encore cristalliser,

et de nouvelles eaux d'exosmose qu'on peut encore osmoser plusieurs fois. On fait ainsi trois ou quatre osmoses successives, et on obtient finalement une mélasse très saline qui contient encore du sucre, mais qui sert surtout à fabriquer des sels de potasse. Néanmoins on la vend encore à la distillerie qui est obligée de prendre des soins particuliers pour y provoquer la fermentation fort rebelle en présence de tant de sels.

Tel est en quelques mots le système de l'osmose de Dubrunfant.

L'osmogène est en bois, peu coûteux, et rend de grands services quand on sait en tirer tout le profit qu'il peut donner.

Malheureusement pour lui, il a été banni de France par la législation. On en trouve encore quelques-uns en Belgique et en Russie.

M. Leplay, le digne successeur de Dubrunfant, a fait à l'osmogène quelques perfectionnements. Le gros défaut de l'osmogène, c'est le changement de densité de la mélasse qui entre à une densité élevée et en sort mélangée avec de l'eau ; de sorte que dans les cadres la densité du liquide est plus grande en bas qu'en haut. Mais comme l'osmose ne se fait bien qu'à une densité déterminée, l'épuration est également meilleure en bas qu'en haut. Une partie de la surface des cadres est donc pour ainsi dire perdue.

M. Leplay a construit alors des osmogènes-évaporateurs qui consistent en osmogènes ordinaires surmontés d'une bassine à serpentin dans laquelle la mélasse

osmosée revient sans cesse et reprend à chaque instant sa densité. Cette bassine est formée par les cadres eux-mêmes qui, serrés les uns contre les autres, forment en haut une surface plane munie de rebords formés par le prolongement des montants de ces cadres.

L'osmogène évaporateur a une puissance osmotique considérable, et donne des produits remarquables comme régularité et richesse.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur cet instrument très intéressant qui a révolutionné l'industrie dans son temps et contre lequel les gouvernements se sont insurgés en le couvrant d'impôts jusqu'à ce qu'il en meure. Il a eu un tort, il faisait gagner de l'argent aux fabricants !

Séparation Steffen.—Le seul procédé qui ait eu l'heur de survivre aux taquineries fiscales est celui qu'inventa M. Steffen, un Autrichien, sous le nom de *séparation*. Ce procédé est employé dans un petit nombre de fabriques seulement, quoiqu'il réussisse admirablement à qui sait en tirer parti. Malheureusement son installation coûte un peu cher. Mais les fabricants qui ont un capital suffisant pour se payer ce luxe lucratif s'en trouvent fort bien.

Il consiste à traiter la mélasse à froid par la chaux anhydre en poudre. Lorsque le degré de dilution est bien observé, que la température est suffisamment basse, au-dessous de 15 degrés, et que la chaux est de bonne qualité, il se forme un sucrate insoluble qui contient un peu plus de chaux que le sucrate tribasique, et les impuretés restent dissoutes dans le liquide.

On a donc ainsi une boue liquide qu'il suffit de passer au filtre-presse et de laver pour avoir dans ce filtre du sucrate de chaux, et au dehors une eau-mère qui contient tous les sels, les corps organiques, et un peu de sucrate de chaux en dissolution.

Si l'on veut séparer le sucre du sucrate, il y a deux moyens. L'un consiste à mélanger ce sucrate dans l'eau et le carbonater. Ce système n'est pas bon à cause de la difficulté de la carbonatation dans ces conditions.

L'autre moyen consiste à dissoudre le sucrate dans de l'eau sucrée, c'est ce qu'on appelle la *dissolution*. Il se forme du sucrate monobasique de chaux dissous dans l'eau, et l'excès de chaux se précipite. On le sépare par des filtres-presses, et on carbonate le liquide.

Mais le système de dissolution n'est lui-même pas employé ainsi.

En général la mélasse se travaille en cours de fabrication du sucre de betterave. On produit alors le saccharate, comme nous venons de l'expliquer, dans une annexe de la sucrerie, et le saccharate est employé à la première et à la seconde carbonatation en lieu et place de la chaux. On fait alors la dissolution et la carbonatation tout ensemble, on enrichit le jus en sucre, et on n'est pas obligé d'avoir un matériel spécial pour traiter le saccharate.

Si l'on ne travaille à la séparation que la quantité de mélasse correspondant au chaulage du jus de betterave, on fait une très bonne opération industrielle.

Mais parfois on veut forcer sur le travail des mélasses

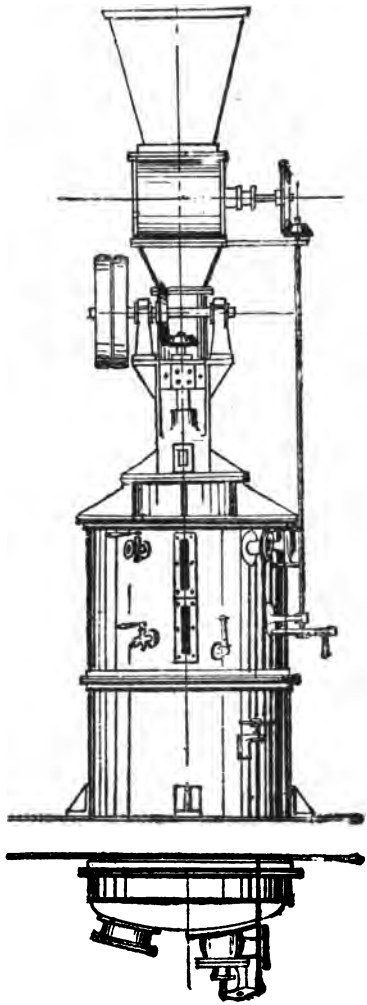


Fig. 59. — Mélangeur réfrigérant (F. Olin).

pour extraire plus de sucre. Alors le saccharate qui contient encore des impuretés organiques, quelque soin que l'on prenne au lavage, modifie la composition des jus, et le travail de l'usine devient mauvais. On court alors à un échec.

Il vaut mieux, si l'on a un excès de saccharate, faire la dissolution avec du jus de seconde carbonatation et passer aux filtres-presses pour séparer l'excès de chaux puis carbonater ces jus. C'est plus d'embarras, mais c'est plus sûr. Le mieux est de ne pas vouloir traiter plus de mélasse que ne comporte le travail de la betterave.

L'appareil essentiel et spécial à la séparation consiste en un malaxeur ou mélangeur-réfrigérant (fig. 59). C'est un corps tubulaire qui ressemble complètement à une caisse verticale de triple effet, qui est à double paroi, et dans lequel circule de l'eau aussi froide que possible dans l'espace intertubulaire et dans la double paroi.

Il est surmonté d'une trémie dont il est séparé par un tourniquet mesureur pour la chaux que l'on y introduit en poudre.

A l'intérieur un fort malaxeur entretient le liquide en mouvement.

Près du four à chaux se trouve un concasseur qui réduit la chaux cuite à point à l'état de gros grains. Cette chaux grenue est ensuite dirigée sous des meules horizontales en tout semblables à celles qui servent à moudre le blé, puis passe dans des bluteries très fines

d'où elle sort à l'état de poudre impalpable. Dans cette partie de l'usine on se croirait dans un moulin, si ce n'était les poussières de chaux qui volent un peu partout. C'est cette farine de chaux que l'on introduit dans le mélangeur-réfrigérant.

D'autre part, dans un bac placé sur une balance on pèse exactement la mélasse que l'on introduit dans l'appareil; en même temps on fait couler l'eau nécessaire à la dilution jusqu'à ce qu'on arrive au niveau convenable. On a ainsi 3000 litres environ du mélange.

Quand l'appareil est plein et en marche, on ajoute la chaux au moyen du tourniquet-mesureur. Chaque fois qu'on introduit une mesure de chaux la température monte. On attend chaque fois qu'elle soit redescendue à 12 ou 13 degrés avant de faire une nouvelle addition de chaux. Lorsque la densité du liquide indique qu'une nouvelle addition de chaux n'est plus nécessaire, on laisse l'appareil tourner quelques instants encore, et l'opération est terminée.

On passe alors au filtre-presse, lave, recueille les tourteaux et les porte dans un malaxeur où ils sont délayés avec de l'eau, et c'est ce lait de sucrate qui sert à la carbonatation au lieu et place du lait de chaux.

Les eaux-mères des filtres-presses contiennent encore un peu de sucre. On les porte à l'ébullition. Du sucrate tribasique se forme. On le recueille dans des filtres-presses et l'ajoute au sucrate.

Tel est dans son ensemble le système de la séparation dont le jeu fort simple le rend tout à fait industriel.

Seulement il nécessite une attention soutenue, une analyse continuelle des mélasses. C'est le chimiste de l'usine qui est la cheville ouvrière dans cette opération, le travail variant avec les matières premières employées.

Autres procédés. — Les procédés d'extraction du sucre des mélasses au moyen de l'alcool ont presque totalement disparu. Il reste cependant quelques applications du système Manoury en Allemagne et en Russie aussi lui devons-nous une mention spéciale.

Le procédé Manoury consiste à obtenir une combinaison solide de la mélasse avec la chaux sous forme grenue, pralinée pour ainsi dire, et de traiter ces pralines par l'alcool dans des diffuseurs, ou *éluteurs*.

La forme spéciale du composé calcique de mélasse s'obtient en ajoutant à la mélasse, dans un mélangeur horizontal, la chaux à l'état de chaux éteinte pulvérulente, obtenue en plongeant la chaux en morceaux dans l'eau et la laissant foisonner sans addition d'eau nouvelle.

Ces pralines mélasso-calciques sont mises dans les éluteurs; on en a quatre qui en contiennent chacun 8000 kilogrammes. Puis on y fait circuler de l'alcool de telle sorte que la diffusion spéciale qui s'y passe dure vingt heures. On emploie 294 litres d'alcool à 40 pour 100 par 100 kilogrammes de mélasse.

L'alcool ayant servi à l'épuration passe à la rectification. Celui qui reste dans les éluteurs est chassé par la vapeur et recueilli également. Il reste alors dans les vases une bouillie de sucrate qui sert à la carbonatation.

La difficulté de l'opération consiste à ne pas perdre d'alcool. Cependant M. Manoury a si bien organisé son montage que la freinte en alcool à 40 degrés n'est pas de plus de 2 pour 100; aussi les usines bien outillées qui ont monté le système l'ont-elles conservé malgré les procédés nouveaux nés trop tôt pour que l'emploi de l'alcool ait pu se répandre en grande quantité.

Un autre procédé qui fut très en vogue et qui existe encore en Allemagne, c'est l'extraction du sucre des mélasses par la *strontiane*. La *Raffinerie Parisienne* travaille encore par ce procédé.

Le sucrate de strontiane est beaucoup plus facile à former que le sucrate de chaux. C'est pourquoi le célèbre chimiste allemand Scheibler s'est efforcé de l'employer en sucrerie, d'autant que la strontiane a des gisements considérables en Allemagne où elle peut dès lors être obtenue à bon marché.

L'opération est très simple. Dans un vase refroidi à la température ambiante, on mélange la mélasse et la strontiane en proportions convenables. Le sucrate se forme, on le sépare des eaux-mères par le filtre-presse, on le lave à l'eau froide, et l'on a des tourteaux de sucrates que l'on délaie dans l'eau et que l'on carbonate. Le carbonate de strontiane est revivifié à l'état de strontiane caustique et sert à une opération ultérieure.

Tout cela est rapidement raconté. Mais l'application de ce principe est pénible. Les eaux-mères doivent être travaillées, car elles contiennent encore de la strontiane et du sucre, la revivification de la strontiane n'est pas

commode, l'opération dans son ensemble demande un gros matériel, puisqu'il faut fabriquer la strontiane et la revivifier. Néanmoins le procédé par la strontiane a ses adeptes quoiqu'il en soit beaucoup moins parlé depuis la naissance du Steffen qui offre sur lui de gros avantages.

Suppression de la mélasse. — Plutôt que de chercher à extraire le sucre de la mélasse, il semble naturel de faire tous ses efforts pour ne pas produire de mélasse en fabrication.

Or la mélasse est le résultat de la non-cristallisation du sucre sous l'influence, dite mélassigène, des impuretés organiques et salines du jus.

Extraire les parties organiques et salines du jus serait donc la solution du problème. Or la carbonatation enlève le plus de matières organiques possible et quelques matières salines, mais la plupart des sels restent dans le jus.

Dubrunfaut avait proposé l'*osmose* préalable du jus pour lui enlever la majorité des sels, mais cette osmose, quoique peu profonde, perd trop de sucre.

Et jusqu'ici on n'est pas arrivé à supprimer toutes les matières organiques et encore moins les sels ! Faut-il donc renoncer à ne plus faire de mélasses ?

Non. Mais pour cela il faut trouver le moyen de faire cristalliser le sucre au milieu de ses ennemis, les substances mélassigènes, et alors on produira bien de la mélasse, mais si peu qu'il ne sera pas la peine d'en parler.

Deux moyens sont appliqués depuis peu, pour approcher de ce but. L'un, la cristallisation en mouvement, permet l'application de ce principe à toutes les usines sans rien changer au mode habituel de travail ; quelques machines de plus, et c'est tout. L'autre, le nouveau procédé Steffen change toute la fin de l'opération à partir de la cuite en grains et demande un gros matériel qui coûte fort cher. Mais il a l'avantage de faire tout le sucre extractible en blanc, tandis que le premier moyen crée des variétés de sucre aussi nombreuses que de jets.

Cristallisation en mouvement. — Lorsque l'on abandonne à elle-même une solution sucrée à une température de 30 ou 40 degrés, et suffisamment concentrée, 40 degrés Baumé environ, ce sirop cristallise lentement, chaque cristal qui se forme se nourrissant aux dépens de la solution qui l'entoure et qui s'appauvrit de plus en plus. A un certain moment, le sirop est trop pauvre et n'abandonne plus de sucre. Ce moment est celui où le sucre et les matières étrangères se trouvent dans le rapport de 3 ou 4 à 1. Dubrunfaut disait que 1 de matières salines empêche de cristalliser 3,75 de sucre.

Depuis quelques années on a remarqué qu'en agitant le sirop en présence d'une certaine quantité de sucre en cristaux ajoutés comme amorce, et en refroidissant, le rapport entre le sucre et les matières mélassigènes était fort réduit, et que le rendement en cristaux était par conséquent plus élevé. Chacun sait en effet que, lorsque l'on agite avec une spatule un sirop de sucre, ce sirop cristallise rapidement et se prend en masse compacte.

Les Indiens pour faire cristalliser leur jus de canne, grossièrement fabriqué et évaporé, n'agissent d'ailleurs pas autrement.

En se basant sur cette observation on en est vite venu à créer un procédé nouveau de cristallisation en sucrerie de betteraves.

Déjà deux inventeurs, MM. Lepchinski et Bocquin avaient imaginé un appareil pour refroidir rapidement la masse cuite de premier jet avant le turbinage, appareil que nous avons déjà décrit, et qui consiste en un bac arrondi, demi-cylindrique, dans lequel tourne lentement un agitateur, et qui est entouré de toutes parts d'une double enveloppe où circule de l'eau froide.

En Allemagne et en Belgique, dans les deux pays à peu près ensemble, on utilisa cet appareil pour réaliser la cristallisation en mouvement.

Se basant sur ce que le sirop cristallise plus vite et s'épuise de sucre plus profondément par l'agitation, on imagina de verser sur la masse cuite de premier jet mise en mouvement par l'agitateur, des sirops moins riches qui abandonnaient leur sucre aux cristaux formés déjà, en sorte que l'on épuisait du même coup le sirop de la masse cuite, et celui que l'on ajoutait ainsi.

De sorte que, si l'on turbine cette masse nouvelle, on en retire en premier jet beaucoup plus de sucre blanc que le premier jet normal aurait dû en donner en marche ordinaire, et, faire plus de premier jet est un progrès réel pour la sucrerie.

C'est la mélasse provenant de ce turbinage que l'on

ajoute sur la masse cuite suivante. En sorte que, si les choses pouvaient aller ainsi indéfiniment, on n'aurait en dernier lieu que du sucre premier jet et de la mélasse.

Mais ce sirop devient bientôt trop impur. Alors on liquide cette mélasse soit en une seule fois, soit successivement, et on la cuit comme un second jet que l'on fait cristalliser de même façon. Enfin on obtient un troisième jet très faible, et une dernière mélasse très pauvre.

Ce système de cristallisation en mouvement commence à se répandre, mais n'a pas dit son dernier mot.

Procédé Steffen. — Un Autrichien très observateur et de très grand mérite, Steffen, a imaginé tout un système de cuite en grain et de son traitement pour arriver à faire tout le sucre en premier jet et blanc, et ne faire que le minimum de mélasse possible.

Dès la cuite du sirop sortant de l'appareil d'évaporation on change le mode ordinaire de fabrication.

Steffen a fait remarquer, en effet, que les premiers cristaux qui se forment dans la chaudière à cuire naissent au sein d'un liquide dans lequel lerapport du sucre au non-sucre est considérable. Mais aussitôt que les cristaux se forment, le milieu dans lequel ils nagent devient de plus en plus pauvre en sucre. Alimenter la masse cuite avec de nouveau sirop riche est changer le mode d'existence du cristal, provoquer la naissance de nouveaux cristaux que l'on est obligé de refondre en réchauffant la masse, enfin c'est amener une perturbation

dans ce qui est déjà fait. Rationnellement, il vaudrait mieux alimenter la masse cuite avec des sirops de plus en plus pauvres, de même pureté que le sirop existant en présence du sucre au moment de l'alimentation. C'est ce que fait Steffen dans sa *cuite méthodique*.

Mais pour arriver à ce résultat, il faut avoir des sirops de richesse graduée. Nous allons voir plus loin comment Steffen les a produits. Quoi qu'il en soit, si l'on alimente avec des sirops de plus en plus pauvres, le dernier sirop ne sera plus que de la mélasse. Donc, si l'on turbine cette masse, on n'aura comme produit que du sucre blanc et de la mélasse pauvre qui n'aura plus besoin d'être recuite, car elle ne donnerait plus de sucre.

On arrive donc ainsi d'un seul coup, et dans la chaudière à cuire, à faire du sucre blanc et de la mélasse ; supprimant le travail des bas produits, des emplis, etc. La fabrication terminée, on peut fermer l'usine, il ne reste plus rien à faire.

Pour obtenir ses sirops de richesse graduée, Steffen supprime le turbinage et le remplace par un lavage méthodique de la masse. Ce lavage consiste à claircer la masse dans des vases spéciaux avec des clairces de plus en plus pures qui se chassent mutuellement, jusqu'à ce qu'on n'emploie plus que du sirop pur de sucre pour dernière clairce. Alors, la masse ainsi claircée et égouttée, puis séchée, n'est plus que du sucre blanc très pur.

Ce sont ces clairces successives qui deviennent de

plus en plus encombrantes, dont l'excès est employé à la cuite.

Voici donc, sur ce principe, comment on conduit le clairçage.

La cuite est déversée dans une série de bacs plats montés sur roues, à double fond, ce double fond étant formé par une toile métallique analogue à celle qui tapisse les turbines.

Une sucette force la mélasse qui souille les cristaux à traverser rapidement le double fond. Cette mélasse est le dernier produit que l'on vend aux distillateurs.

Lorsque la mélasse est partie, on verse sur les bacs une clairce plus riche en sucre. Puis on verse une clairce plus riche encore, et ainsi de suite jusqu'à la clairce pure.

La seconde clairce passée s'appauvrit en se mélangeant à la mélasse restée entre les cristaux : elle servira de première clairce pour l'opération suivante. La troisième claire deviendra seconde, et enfin la solution de sucre pure sera l'avant-dernière clairce de l'opération ultérieure.

Toutes ces clairces successives sont emmagasinées dans un grand bac à compartiments fort bien agencé pour que les différentes clairces coulent d'un seul coup sur tous les wagonnets à la fois. En fin de compte, il ne s'agit plus que de vider les wagonnets qui ne contiennent plus que du sucre blanc, vidange qui s'opère par son renversement complet dans une trémie où se trouve un malaxeur pour donner plus d'homogénéité au sucre.

Du malaxeur, le sucre tombe dans des turbines où un clairçage à vapeur sèche les cristaux. Et si l'on trouve le séchage insuffisant, on dirige le sucre dans un grand cylindre horizontal tournant autour de son axe, et dans lequel un violent courant d'air chaud donné par un fort ventilateur termine la dessiccation.

Le procédé Steffen marche très régulièrement. Il semble qu'il soit le procédé de l'avenir. Malheureusement il coûte fort cher à établir. Mais les résultats qu'il donne n'en sont pas moins fort remarquables. Aussi l'a-t-on appliqué déjà dans quelques fabriques en dépit de la somme qu'il faut débourser comme matériel et comme prime de brevet pour le monter.

Pour compléter ce système et en tirer le maximum de profit, il faut y adjoindre le procédé de *séparation* que nous avons indiqué précédemment. Car le Steffen donne autant de dernière mélasse que le travail ordinaire du sucre par turbinage simple. On obtient alors un rendement extraordinaire, tout en blanc, avec un résidu mélasse insignifiant. Mais cette addition de la séparation rend le procédé encore plus coûteux, et il faut un long temps pour amortir un pareil capital. C'est là la cause du retard que mettent les fabricants à appliquer ces nouvelles inventions, quelque profit qu'ils trouvent à obtenir toute leur fabrication en sucre blanc, et à la terminer le jour où passe la dernière betterave, supprimant les emplis et tout le travail dispendieux des seconds et des troisièmes jets.

Néanmoins, c'est un grand point de savoir que, le

jour où le marché le permettra, toutes les fabriques pourront travailler d'une manière plus rationnelle qu'elles ne le font aujourd'hui, et peut-être en étudiant plus à fond la question, parviendra-t-on à simplifier toutes ces opérations et ce matériel dispendieux pour arriver au même résultat. Alors on aura fait un véritable et grand progrès, et il n'est pas douteux qu'on y arrivera bientôt.

Rendements.

Jusqu'à présent nous n'avons pas parlé de la quantité de sucre que l'on extrait de la betterave avec tel ou tel procédé, et de celui que l'on perd dans les diverses manipulations de l'usine, enfin de ce qui reste dans la mélasse que l'on vend au distillateur.

C'est que ces *rendements* sont très variables, et le principal facteur de ces différences c'est la betterave elle-même dont la teneur en sucre varie de 10 à 18 pour 100.

Les betteraves à 10 pour 100, communes en France avant 1884, date de la transformation de l'impôt, sont devenues sinon une rareté, du moins une exception à la règle, car les fabricants ne les reçoivent plus comme trop pauvres, et dès lors les cultivateurs en ont supprimé la production.

Les betteraves à 14 ou 15 pour 100 de sucre sont la règle, et celles qui contiennent 18 sont en France l'exception extrême. En Russie elles ne sont pas rares

parce que le terrain et la faible récolte à l'hectare le permettent, ainsi que le mode d'approvisionnement des sucreries qui se fait par les propriétaires de l'usine qui détiennent eux-mêmes la culture. Les fermes, à ce compte-là, perdent de l'argent, mais la sucrerie en gagne ; et comme la ferme et l'usine appartiennent au même domaine, le gain de l'usine compense dans une large mesure les pertes de la culture, ce qui fait que l'on ne s'en inquiète que pour la comptabilité, la balance des deux comptes se soldant toujours en bénéfice.

En France et dans les autres contrées sucrières autres que la Russie, le fermier doit gagner de l'argent et l'usine aussi. La culture de la betterave pauvre est rémunératrice pour la ferme, mais tue la sucrerie. Au contraire les betteraves extra-riches tuent la ferme à cause du faible rendement à l'hectare. Après de longs débats entre l'usine et la ferme, il s'est établi un *modus vivendi* que la loi de 1884 a fortement contribué à faire naître chez nous en très peu de temps, que l'Allemagne a mis de longues années à acquérir, et qui permet aux deux parties de gagner leur vie honorablement.

Grâce aux travaux de savants agronomes comme Vilmorin, le créateur de la betterave extra-riche, la racine sucrée s'est améliorée au point de donner ensemble et richesse et rendement suffisants. Il faut dire qu'à la suite de la loi de 1884 la betterave riche fut amplement surpayée ce qui fut d'un grand aide pour les agronomes. Mais aujourd'hui que le fisc a enrayé ce mouvement de payer très cher la betterave riche,

le pli de la culture rationnelle n'en est pas moins pris, et fabricants et fermiers se sont mis tacitement d'accord à peu d'exceptions près.

En 1882, j'ai publié dans mon *Traité théorique et pratique de la fabrication du sucre* le rendement d'une usine travaillant des betteraves à 10 pour 100. A cette époque, on se croyait heureux de travailler de telles racines, mais la sucrerie en mourait.

Voici comment s'établissait ce compte en sucre pur :

Sucre, 1er jet	5 »	7 »
— 2e —	1,50	
— 3e —	0,50	
— dans la mélasse	1,50	
— resté dans les pulpes	0,50	
— — les écumes	0,35	
— perdu dans les filtres, évaporation, etc.	0,59	
— perdu divers	0,06	
	10 »	

Par conséquent le sucre extrait en tous jets, y compris celui resté dans la mélasse, faisait un total de 8,50.

Si nous consultons les statistiques officielles pour 1892, nous trouvons :

Sucre 1er jet	6,70	8,68
— 2e —	1,72	
— 3e —	0,26	
— dans la mélasse	0,36	
	9,04	

Ce qu'il y a de plus remarquable dans ce second

tableau comparé au premier, ce n'est pas l'augmentation de rendement de 0,54 ou 5,40 pour 100, mais l'augmentation considérable des premiers jets au détriment du troisième et du sucre contenu dans la mélasse. Cela dénote une amélioration sinon dans le travail, au moins dans la qualité du jus de betterave qui abandonne immédiatement la majorité de son sucre à la première cristallisation, et la preuve c'est la diminution de la mélasse, et par conséquent des matières mélassigènes dans ce jus. Il est vrai que, en 1882, la diffusion n'existait pour ainsi dire pas en France, tandis qu'aujourd'hui elle est générale. Et si le jus de presse, théoriquement, n'est pas de beaucoup inférieur au jus de diffusion, dans la pratique il en est tout autrement, à cause de l'immense quantité de matières extractives qu'il contenait, tandis que le jus de diffusion est filtré dans le diffuseur même, et arrive dans de biens meilleures conditions à la chaudière.

C'est ce qui fait que les procédés de travail à l'usine ont pu se modifier sensiblement, et que la mise en œuvre des jus chauds s'est substituée avec avantage pour la conservation à celle des jus froids de presse. D'où il est résulté que le rendement en premier s'est élevé au détriment des troisièmes et de la mélasse.

Si les seconds jets sont restés sensiblement les mêmes, je crois que l'on peut attribuer ce fait au turbinage qui n'a pas changé et qui se fait aujourd'hui comme il y a dix ans. C'est la refonte des sucres à la clairce qui en est cause, et il semble qu'il y ait un coefficient constant

de dissolution au clairçage. Les procédés Steffen, qui ne sont qu'un clairçage méthodique, suppriment complètement seconds et troisièmes, et ne laissent que la mélasse normale qui n'est pas inférieure à celle que nous indiquons ici, en sorte que l'on doit retirer 8,68 en premier jet dans l'ensemble qui nous occupe.

Remarquons que ces chiffres représentent la moyenne du travail en France, et que dans certaines usines les rendements sont beaucoup plus élevés. Mais une telle moyenne est fort instructive, et plus véridique que les chiffres exceptionnels que l'on publie quelquefois.

D'autre part, les pertes en sucre dans les résidus ont beaucoup diminué depuis que la sucrerie est soumise à une surveillance chimique plus étroite. Ainsi dans les cossettes de diffusion on ne perd plus que 0,10 de sucre au maximum, dans les écumes 0,30. La suppression des filtres à noir a enlevé une grosse chance de perte également, car ce qui disparaît dans les toiles des filtres mécaniques qui les remplacent est insignifiant.

Mais un phénomène nouveau est apparu par contre. C'est que, en ajoutant tout le sucre récolté au sucre contenu dans les résidus, on ne peut plus arriver à équivaloir le sucre contenu dans la betterave. Il y a toujours une différence en moins que l'on ne s'explique pas. On a appelé cette différence *perte inconnue*, et elle varie de 0,5 à 1 et même davantage.

Cette perte inconnue s'explique en ce sens que pendant la fabrication une certaine quantité de sucre disparaît, détruite par les défectuosités du travail, et entraînée par

l'évaporation, car les nuages qui se forment sur les chaudières sont toujours sucrés, aussi bien que les vapeurs que l'on condense dans le triple-effet. Sans doute, ces pertes sont minimes; mais elles se chiffrent néanmoins en vingt-quatre heures.

Mais, en dépit de toutes les évaluations possibles de perte, on arrive encore à un chiffre moindre que celui auquel on devrait parvenir.

Ce fait provient en grande partie du mode d'analyse de la betterave, de la difficulté d'évaluation exacte de la quantité de liquide mise en œuvre et de celle qui est rejetée dans les résidus, de beaucoup de petits détails qui ne peuvent entrer dans le calcul, et qu'il serait puéril de rechercher avec trop de minutie. On a accusé la betterave de contenir des matières capables d'influencer l'analyse de telle sorte que celle-ci indique plus de sucre qu'il n'y en a. Nous n'y croyons pas, d'autant plus que la chose n'a pas été prouvée péremptoirement. Aussi, jusqu'à nouvel ordre, accuserons-nous le mode de contrôle, plutôt que les phénomènes naturels, de produire cette perte inconnue que, d'ailleurs, d'aucuns prétendent ne pas exister dans leurs usines.

Nous allons maintenant suivre pas à pas le travail de l'usine au point de vue analytique, et nous verrons les causes de beaucoup de ces anomalies.

ANALYSES

En sucrerie, tout doit être analysé, non seulement les betteraves et leurs résidus, les jus, les sirops, les masses cuites et le sucre, les terres où poussent les racines, et les engrais qu'on leur applique, mais encore la pierre à chaux, le gaz carbonique, le coke, l'eau de l'usine, et jusqu'au combustible dont on a besoin de connaître le rendement calorimétrique pour en établir la proportion réelle par rapport au poids de betterave travaillé.

C'est donc un cours d'analyse complet que nous devrions faire ici si nous voulions passer en revue toutes les opérations que doit exécuter un laboratoire de sucrerie bien dirigé. Mais nous nous en tiendrons aux données indispensables à l'étude des matières sucrées, laissant aux livres spéciaux le soin de renseigner les lecteurs sur la manière d'analyser les produits autres que ceux dont nous parlons, et qui se rencontrent dans toutes les industries.

Nous commencerons par l'étude générale de la matière principale, le sucre, dont il est indispensable de bien connaître les propriétés pour pouvoir le doser dans tous les produits où nous le rencontrerons, et nous verrons ensuite successivement ces produits dans toutes les phases de la fabrication.

Sucre de canne ou saccharose.

Le sucre que l'on extrait de la betterave est identiquement le même que celui que l'on retire de la canne à sucre. Mais on le nomme *sucre de canne* par une vieille habitude venue de nos grands-pères qui ne connaissaient de sucre que celui qui venait des colonies. On a continué d'ailleurs à le nommer ainsi pour le distinguer d'une autre variété de sucre, le *sucre de raisin* ou *sucre de miel*, dans un temps où les classifications et dénominations chimiques n'étaient pas aussi répandues qu'aujourd'hui dans le public.

Depuis, les sucres de raisin et de miel ont reçu un nom plus générique, le *glucose*, sous lequel ils sont connus dans l'industrie, en sorte que le terme court de *sucre* est resté au produit de la sucrerie de canne et de betterave. En chimie, le sucre a pris le nom de *saccharose*.

Beaucoup de consommateurs prétendent que le sucre tiré de la canne sucre davantage que celui de la betterave. C'est une profonde erreur. *A poids égal*, l'une et l'autre variété édulcorent l'eau de même manière. Seulement ce qui a contribué à répandre cette erreur, c'est que le sucre de canne possède un arome particulier, très fin, très agréable, qui permet de le consommer à l'état brut, qui même le fait préférer à cet état par ceux qui peuvent s'en procurer à bon compte, comme les Anglais et les Américains, tandis que le sucre de betterave sent

la colle forte et ne peut être employé dans l'alimentation qu'après raffinage, tant son goût est détestable quand il est à l'état de cassonnade ou sucre jaune.

Une autre raison qui a causé cette erreur des sens, c'est que le sucre des colonies est en petits cristaux très fusibles sur la langue, tandis que le sucre de betterave de premier jet, parfaitement blanc et directement consommable, est en cristaux plus gros, à texture très serrée et fond difficilement dans la bouche. Mais si l'on prend le même poids de ces sucres et qu'on les fasse fondre tous deux dans la même quantité d'eau, le palais n'éprouvera aucune différence à goûter l'un ou l'autre de ces verres d'eau sucrée.

La formule chimique du sucre est $C^{12}H^{11}O^{11}$ ou plutôt $C^{24}H^{22}O^{22}$. Pour ceux qui ont étudié la chimie, nous dirons que, si nous employons l'ancienne notation, c'est que dans l'industrie sucrière c'est celle qui sert le plus généralement, et que d'ailleurs nos maîtres Berthelot et Sainte-Claire Deville ne l'ont jamais abandonnée, lui trouvant maints avantages que les théories nouvelles venues d'Allemagne avec le regretté Wurtz n'ont pas toujours compensés.

Le sucre cristallise en prismes rhomboïdaux obliques; ses cristaux ont une densité de 1,6. Il se dissout dans le tiers de son poids d'eau froide, dans le quart de son poids d'eau à 80 degrés et dans le cinquième à 100 degrés.

L'alcool absolu bouillant en dissout 1,25 pour 100 environ; dans l'alcool étendu le sucre se dissout d'autant plus que cet alcool contient plus d'eau.

Le sucre fond à 160 degrés ; il donne par le refroidissement une masse vitreuse, transparente, parfaitement incolore si la température n'a pas été poussée trop loin. C'est ainsi que l'on fait le sucre d'orge.

Si l'on chauffe davantage, le sucre se *caramélise*. Cette transformation provient de ce que le sucre perd de l'eau de constitution et se change en un corps nouveau, la *caramélane*, $C^{24}H^{18}O^{18}$. Ce corps est brun, entièrement soluble dans l'eau.

Si l'on élève encore la température, de nouveaux équivalents d'eau disparaissent encore, et l'on produit un mélange de corps presque noirs, les uns solubles, les autres insolubles dans l'eau et fort amers au goût.

Donc, quand on veut faire du caramel il faut savoir s'arrêter à temps pour ne pas produire ces corps désagréables au palais.

Enfin, si l'on continue à chauffer, le sucre se décompose tout à fait ; d'épaisses fumées âcres et irritantes pour les yeux se dégagent. C'est ce que l'on appelle la distillation sèche qui donne comme dernier résidu du carbone très pur, boursouflé et brillant, tandis que les gaz dégagés, très combustibles, contiennent des hydrogènes carbonés, des acides, de l'aldéhyde, de l'acétone et des huiles empyreumatiques.

Les *acides* étendus décomposent le sucre d'une façon remarquable. Ils le transforment en un mélange à poids égaux de deux autres sucres, le *glucose* et le *lévulose*.

$$C^{24}H^{22}O^{22} + 2HO = C^{12}H^{12}O^{12} + C^{12}H^{12}O^{12}$$

Il y a ici fixation d'eau sur l'équivalent et dédoublement. Le glucose (ou la glycose) et le lévulose ont la même formule chimique $C^{12} H^{12} O^{12}$, mais leurs propriétés sont inverses l'une de l'autre comme nous le verrons plus loin.

Ce mélange de glucose et de lévulose s'appelle *sucre interverti*, et ne cristallise pas.

Cette action des acides sur le sucre est très importante, car c'est à elle que l'on doit la plus grande partie des destructions de sucre pendant la fabrication. Aussi doit-on faire bien attention à l'état des jus, et s'efforcer de les tenir toujours neutres ou alcalins.

L'action de l'eau elle-même sur le sucre est néfaste, car au bout d'un certain temps l'eau peut elle-même intervertir le sucre.

Cette *inversion* par les acides se fait lentement à froid et très rapidement à chaud, soit en quelques minutes. Pour l'eau, en faisant bouillir le sucre en sa présence pendant quelques heures, l'inversion est presque complète. A froid, il faut plusieurs semaines. C'est le phénomène qui rend le sucre d'orge vieux entièrement opaque, de transparent qu'il était ; c'est parce qu'il contient encore de l'eau qui, à la longue, se combine au saccharose pour en faire du sucre interverti.

Les *alcalis* en présence de l'eau sont sans action sur le sucre au point de vue de la décomposition. C'est pourquoi on tient toujours les jus alcalins.

Au contraire, ils se combinent à lui pour faire des

sucrates, dans lesquels le sucre joue le rôle d'acide vis-à-vis des bases.

L'étude des sucrates, surtout des sucrates de chaux, est très intéressante, car ces corps jouent un grand rôle dans la fabrication.

Le sucre se combine en une infinité de proportions avec la chaux. Plusieurs de ces sucrates sont anhydres et d'autres sont hydratés, formant deux séries parallèles fort remarquables au point de vue chimique, mais dont nous ne pouvons nous occuper ici. J'ai fait cette étude complète, et on la retrouvera dans les notes de mon *Traité de fabrication du sucre*.

Les plus intéressants de ces sucrates sont le monobasique, le bibasique et le tribasique, encore le troisième nous occupera-t-il seul en cette circonstance.

Lorsqu'on chauffe à 100 degrés une solution de sucre et de chaux, trois équivalents de chaux se combinent à un équivalent de sucre pour former le sucrate tribasique qui est insoluble dans l'eau sucrée à cette température, et qui se précipite. Si la solution contient assez de chaux et est suffisamment concentrée, le tout se prend en masse, en un magma que le refroidissement est impuissant à détruire. Si la solution est plus étendue et la proportion de chaux est la même, le magma en se refroidissant est moins pâteux, mais le sucrate tribasique se précipite au fond du vase.

Il faut donc bien faire attention à la présence du sucrate tribasique lorsqu'on chauffe une solution de sucre avec la chaux, car bien des fabriques ont perdu

beaucoup de sucre par ce travail, en éliminant comme impureté le sucrate précipité au fond des bacs.

Le sucrate tribasique se détruit rapidement en présence du sucre qui redissout la chaux pour former un sucrate moins basique. L'acide carbonique détruit également le sucrate tribasique. Il est donc facile en cours de fabrication d'éviter l'effet nuisible de ce précipité; il suffit d'être prévenu pour n'en encourir aucun dommage.

Plusieurs procédés de fabrication ou de raffinage ont été basés sur cette propriété du sucrate tribasique, et nous avons vu que le système de la séparation et de la dissolution utilise ces propriétés.

L'action de l'acide carbonique sur les sucrates est non moins intéressante. Car, si dans un sucrate de chaux limpide on fait passer de l'acide carbonique, ce gaz s'absorbe d'abord dans la dissolution; puis, si la solution est concentrée comme un sirop, le tout se prend tout d'un coup en une masse gélatineuse, à laquelle MM. Boivin et Loiseau ont donné le nom d'hydro-sucrocarbonate de chaux.

Ce sucrocarbonate est lui-même détruit par le sucre en excès et l'acide carbonique.

Là encore est un danger pour le fabricant inattentif qui peut facilement envoyer aux filtres-presses une quantité de sucre importante sous forme de sucro-carbonate.

On voit par là quels écueils on rencontre en fabrique. Mais tout cela n'est rien si l'on travaille régulièrement,

et bien des usiniers ont passé à côté du danger sans se douter jamais que leur fabrication fût à chaque instant en péril. Mais malheur à ceux qui dans ce cas travaillent mal, ils ne peuvent s'en apercevoir et font des pertes qui se chiffrent souvent par des sommes importantes. Le contrôle chimique seul peut les avertir.

Saccharimétrie. — Le sucre jouit de propriétés optiques qui sont la base de l'analyse journalière. Il dévie à droite le plan de polarisation et son pouvoir rotatoire est exprimé par l'angle :

$$[\alpha]_D = 67^\circ\, 18'$$

Nous ne pouvons, dans ce cadre restreint, donner la théorie de la polarisation qui est expliquée tout au long dans mon *Traité de fabrication du sucre*. Nous n'en dirons que quelques mots succincts.

Certains cristaux naturels, comme le spath et le quartz, ont la propriété de décomposer les rayons lumineux en deux faisceaux dits *polarisés*. Si, par exemple, on pose un cristal de spath d'Islande sur une feuille de papier sur laquelle on a tracé une ligne, on voit, à travers le cristal, deux lignes dont l'une est déplacée sur la droite parallèlement à l'autre.

En coupant ce cristal suivant un certain angle et recollant les deux morceaux ainsi découpés, la section forme miroir dans laquelle se reflète l'une des deux images qui se trouve ainsi rejetée au dehors, et, regardant alors la même ligne comme précédemment, on la voit simple et non plus double.

Un cristal ainsi coupé se nomme un *prisme de Nicol*, ou, pour simplifier, *un Nicol*.

Le rayon sortant du Nicol est polarisé, et jouit de la propriété suivante. Si l'on superpose un second Nicol au premier et qu'on les place dans le même sens, de manière que les sections principales soient parallèles, l'image traverse les deux prismes. Mais si l'on fait tourner le deuxième prisme sur lui-même, de manière que les sections principales soient perpendiculaires, l'image disparaît, la lumière ne traverse plus les deux prismes.

Si, en effet, on regarde une lumière à travers deux Nicols, l'image brillante qui apparaît dans la première position fait place à l'obscurité complète dans la seconde.

C'est en se basant sur cette propriété que l'on a construit le *saccharimètre*.

En effet, si entre deux Nicols dont les axes sont tournés à 90 degrés, donnant par conséquent l'extinction complète, on interpose de l'eau pure contenue dans un tube placé horizontalement dans l'axe de la lumière, le rayon lumineux, traversant le premier Nicol et l'eau, est éteint par le second Nicol comme si rien n'avait été changé.

Mais si dans l'eau on a fait fondre du sucre, comme ce sucre est doué d'un pouvoir rotatoire à l'égal des Nicols, la lumière passe.

Pour ramener l'obscurité complète comme avant l'interposition de l'eau sucrée, on est alors obligé de tourner l'un des Nicols d'un certain angle, et cet angle

est d'autant plus considérable qu'il y a plus de sucre dans l'eau.

Si donc, enfin, on fait une échelle donnant la quantité de sucre en dissolution dans l'eau correspondant à chaque déviation de l'angle, on aura construit un *saccharimètre*, car lorsqu'on voudra savoir combien de sucre contient un jus de betterave ou un liquide quelconque, il suffira d'emplir le tube avec le liquide, de tourner le Nicol de la quantité nécessaire pour amener l'extinction de la lumière et de lire la division de l'échelle pour savoir combien de sucre contient cette dissolution.

Tel est, réduit à sa plus simple expression, le problème de la saccharimétrie.

Mais, si simple que paraisse ce problème, il est néanmoins très compliqué, car ce n'est pas à la simple inspection du moment où l'extinction de la lumière se produit que l'on peut obtenir des mesures précises. En optique, on ne peut se baser sur une intensité de lumière ou d'ombre, qu'en la comparant à une autre intensité semblable. On a donc cherché un moyen d'obtenir deux images simultanées de la lumière, et d'en provoquer l'extinction ensemble, de telle sorte que l'on puisse juger par comparaison, d'un seul œil, si les deux *pénombres* sont égales.

Le premier qui soit parvenu à un résultat pratique, c'est M. Soleil, dont le successeur, M. Duboscq, a encore perfectionné l'invention. Soleil s'est basé sur une autre propriété des rayons polarisés qui est celle-ci.

Si l'on fait passer un rayon de lumière polarisée à travers une lame de quartz, ce rayon de lumière se colore de toutes les nuances de l'arc-en-ciel suivant l'angle de polarisation sous lequel il passe. De plus, si le grand axe du cristal est placé de gauche à droite, et qu'on le retourne de droite à gauche, la lumière obtenue dans le second cas est complémentaire de la première. Soleil interposa alors sur le parcours des rayons lumineux polarisés une plaque de quartz formée de deux parties, l'une droite, l'autre gauche, collées ensemble, de telle sorte que la section de collage soit exactement dans l'axe de la lumière.

Lorsqu'on regarde un pareil système entre deux Nicols, on remarque alors que la moitié du champ de visée est d'une couleur, et l'autre est d'une autre couleur complémentaire de la première. Si l'une est bleue, par exemple, l'autre est orange, et si la première est verte, l'autre est rouge, et ainsi de suite.

Enfin, si l'on donne à la lame de quartz une épaisseur déterminée, on remarque un certain angle de rotation sous lequel l'extinction de la lumière se fait presque complètement, mais avec une teinte spéciale. Biot, qui a découvert toutes ces propriétés de la lumière, et qui fit le premier *polariscope* duquel est né le saccharimètre, Biot, qui est en réalité le véritable inventeur de tous ces instruments que ses successeurs n'ont fait que perfectionner, avait remarqué qu'en donnant à la lame de quartz une épaisseur de $3^{mm},75$, on obtenait une teinte fleur de pêcher, qu'il a appelée *teinte sensible*,

sous laquelle l'extinction était beaucoup plus apparente que toute autre.

Soleil donna cette épaisseur à son double quartz, en sorte que, lorsque l'on arrivait à l'angle voulu qui est de 24°,5 la *teinte sensible* apparaissait sur les deux parties du double quartz. Rien n'était plus facile alors que de comparer ces deux teintes, de les égaliser et d'arriver ainsi au point exact de l'extinction.

Ce point, avec de l'eau, correspondait à la position perpendiculaire des Nicols, et fut marqué du chiffre 0.

Ensuite, il calcula qu'en dissolvant 16^{gr},35 de sucre dans 100 centimètres cubes d'eau, et considérant cette solution sous une épaisseur de 20 centimètres de longueur, on obtenait une rotation du Nicol correspondant à la rotation normale du sucre qui est de 21°, 8 au delà du 0, et il marqua à ce point le chiffre 100. Puis, entre le point 0 et le point 100, on divisa le cercle en parties égales, et l'on eut ainsi le saccharimètre.

Seulement Soleil, au lieu de faire tourner les Nicols, imagina un système plus exact encore. Il eut l'idée de *compenser* la rotation du sucre en intercalant entre les deux Nicols une lame de quartz d'épaisseur variable.

Voici sommairement et sans détail comment il arriva à ce résultat.

Cette lame était composée d'un prisme en forme de coin que l'on poussait au moyen d'une crémaillère entre les deux Nicols.

On lisait donc sur l'échelle l'épaisseur de quartz que l'on avait été obligé d'intercaler pour compenser la

rotation du sucre, lecture d'autant plus exacte que l'angle du coin était plus aigu.

L'invention de ce système appelé *compensateur* était un trait de génie qui rendit le saccharimètre essentiellement pratique et exact.

Avant d'aller plus loin, disons que le premier Nicol (P, fig. 60) placé du côté de la lumière s'appelle le *polariseur*, et celui qui est près de l'œil A se nomme l'*analyseur*. Ils sont portés dans des garnitures métalliques munies de diaphragmes circulaires, selon l'usage adopté

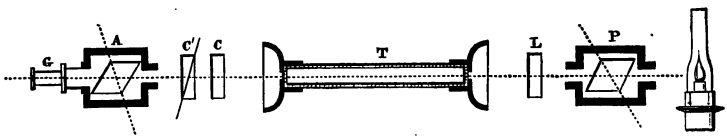


Fig. 60. — Coupe du saccharimètre Soleil.

pour tous les instruments d'optique. Afin de voir nettement la ligne de division du double quartz, une lunette de Galilée C est placée près de l'œil, en avant de l'analyseur.

Le tube de 200 millimètres T dans lequel on introduit le liquide est en laiton, ou en verre entouré d'une enveloppe en laiton ; les deux bouts sont rodés parfaitement parallèles l'un à l'autre, et fermés au moyen de lames de verre à faces exactement parallèles également. Ces lames de verre sont mobiles et retenues contre les extrémités du tube au moyen de bonnettes à vis qui effectuent le serrage, de telle sorte que le joint soit parfaitement étanche, sans cependant serrer trop fort de manière à ne pas casser ni même déformer les lames de verre.

Le tout est porté sur un pied à la hauteur de la flamme d'une bonne lampe éclairant franchement.

Cette forme générale est celle de tous les saccharimètres dont nous allons suivre maintenant les transformations successives.

Saccharimètre-Soleil (fig. 60 et 61). — Nous venons d'en décrire sommairement le mécanisme, mais il comporte certaines dispositions autres que celles que nous

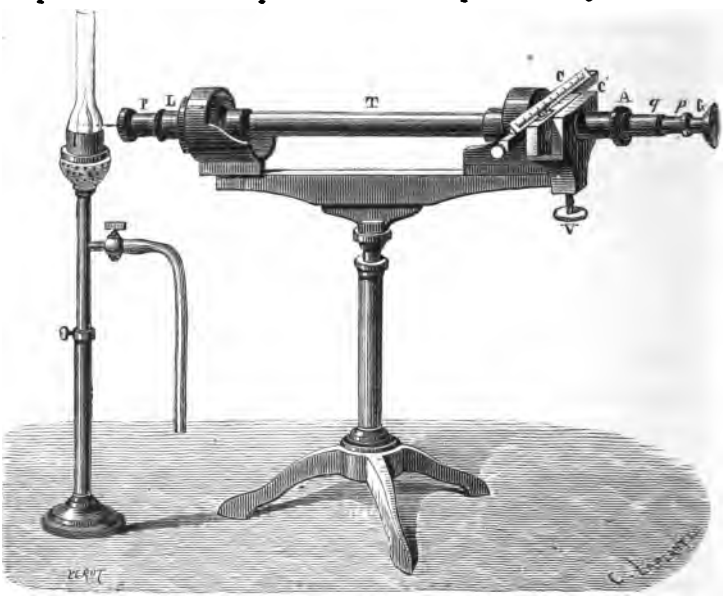


Fig. 61. — Saccharimètre Soleil.

venons de faire connaître et qui ont pour but d'en augmenter la sensibilité.

Ainsi, le compensateur *c* a été formé de trois pièces. La première est un quartz moins épais que la lame à

double rotation, et qui a pour effet de ramener immédiatement du côté du zéro la rotation produite par la quantité de sucre dissoute dans l'eau du tube. La seconde et la troisième forment la pièce conique dont il a été parlé, mais se composent de deux pièces analogues opposées par la partie amincie, et que l'on rapproche ensemble en les faisant glisser l'une sur l'autre, de sorte que c'est la somme des deux épaisseurs qui se lit sur le vernier, somme qui, ajoutée à la première pièce du compensateur, rétablit l'équilibre lumineux dans le champ de vision de l'appareil.

Une autre pièce très intéressante a été ajoutée en avant de la lunette de Galilée. Lorsque les liquides sont colorés, la teinte qu'on aperçoit dans le champ de la lunette n'est plus la teinte sensible. Soleil a imaginé de redécomposer cette lumière au moyen d'un quartz et de ramener la teinte sensible, en interposant entre l'œil et la lunette un nouveau Nicol que l'on tourne à la main.

De la sorte, l'inspection des liquides est facilitée, quelle que soit leur coloration.

Saccharimètre à pénombre Duboscq. — Lorsque l'on a regardé au saccharimètre un certain nombre de solutions sucrées, l'œil se fatigue beaucoup, car la comparaison de deux couleurs vives est un travail pénible, et tel, qu'au bout d'un certain temps on est incapable de faire une distinction très nette.

Si, au lieu de comparer deux teintes vives, on pouvait se trouver en présence de deux teintes sombres, de

deux ombres presque éteintes, le travail de l'œil serait bien diminué, car l'obscurité ne fatigue pas la vue comme la lumière.

Un physicien de Dublin, Jellett, imagina de scier en deux un Nicol suivant sa section principale, et de recoller ces deux parties après avoir enlevé sur chaque face de sciage une mince épaisseur de cristal en suivant une direction inclinée. De la sorte, quand le cristal est reformé, son grand axe au lieu d'être une ligne droite est en deux portions formant une ligne brisée régulière.

Que se passe-t-il si l'on se sert d'un pareil Nicol pour polariser la lumière; lorsque les deux Nicols sont perpendiculaires l'un à l'autre, il n'y a rien de changé tout d'abord qu'une légère pénombre au lieu de l'obscurité complète. Mais si l'on incline tant soit peu le Nicol coupé, immédiatement l'une des parties fait avec le second Nicol un angle beaucoup plus considérable que l'autre, en sorte que, tandis qu'une portion du champ de vision est encore obscure, l'autre est beaucoup plus blanche. Par conséquent, grâce à cet artifice, la position perpendiculaire du Nicol est beaucoup plus facile à obtenir, puisque l'écartement même très faible de cette position donne des teintes fortement différentes à l'une et à l'autre des portions du champ de vision.

L'effet du prisme de Jellett devint bien plus évident encore lorsque le physicien français Cornu pensa à employer la lumière achromatique.

En effet, la *lumière blanche* est composée des sept

couleurs de l'arc-en-ciel, et c'est sa décomposition dans les prismes qui les fait apparaître dans le saccharimètre Soleil. Si l'on prend une seule de ces couleurs, et encore une couleur primordiale indécomposable, et entre elles le *jaune* qui est la plus brillante, il est évident que cette couleur indécomposable ne donnera dans

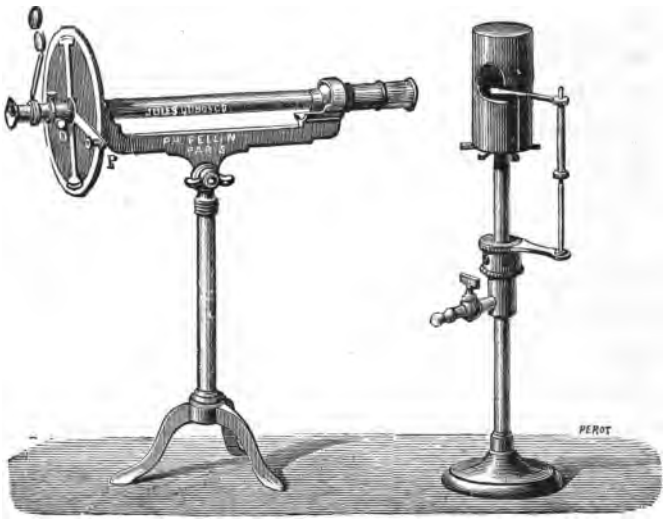


Fig. 62. — Saccharimètre Duboscq.

les prismes que du jaune, et que pour passer à l'extinction, le jaune s'affaiblira de plus en plus sans passer par d'autres teintes.

C'est sur ce principe que Duboscq construisit son saccharimètre (fig. 62) qui prit alors une grande simplicité de forme. Comme analyseur, le prisme Jellett-Cornu, taillé dans un Nicol ordinaire de Soleil ; comme polariseur

un Nicol ordinaire tournant dans la lunette, et cette rotation se lit sur un limbe divisé en degrés du cercle ou en quantum de sucre. Une lunette de Galilée complète l'instrument. En ne se servant pas de liquide trop colorés, cet instrument est d'une grande précision.

La lumière jaune est obtenue en mettant du sel marin dans une coupelle exposée à la flamme incolore d'un bec Bunsen. On obtient ainsi la belle flamme jaune vif du sodium.

Pour faire les observations, on se met dans un cabinet noir. On peut faire un grand nombre de lectures sans se fatiguer les yeux.

Saccharimètre Laurent (fig. 63). — M. Laurent est arrivé au même résultat par un autre moyen fort ingénieux. Le polariseur et l'analyseur sont deux Nicols ordinaires. Mais entre les deux il a fixé une lame de quartz qui n'occupe que la moitié du champ de visée de l'appareil et d'une épaisseur dite d'une *demi-onde*, expression sur laquelle nous ne nous étendons pas, car il faudrait faire toute la théorie de la polarisation pour l'expliquer.

Si les deux Nicols sont perpendiculaires l'un à l'autre, il est évident que la portion de lumière qui ne traverse pas la dernière plaque de quartz en sortant du polariseur est éteinte par l'analyseur, tandis que l'autre portion est brillante, à cause de son passage à travers le quartz.

De plus, on peut trouver une position intermédiaire de l'analyseur telle que la *pénombre* soit égale de chaque côté du champ de visée. C'est ce point qui

marque le 0 de l'appareil, et il est tel que la moindre inclinaison à droite ou à gauche de l'analyseur éclaire plus ou moins l'un des côtés du champ.

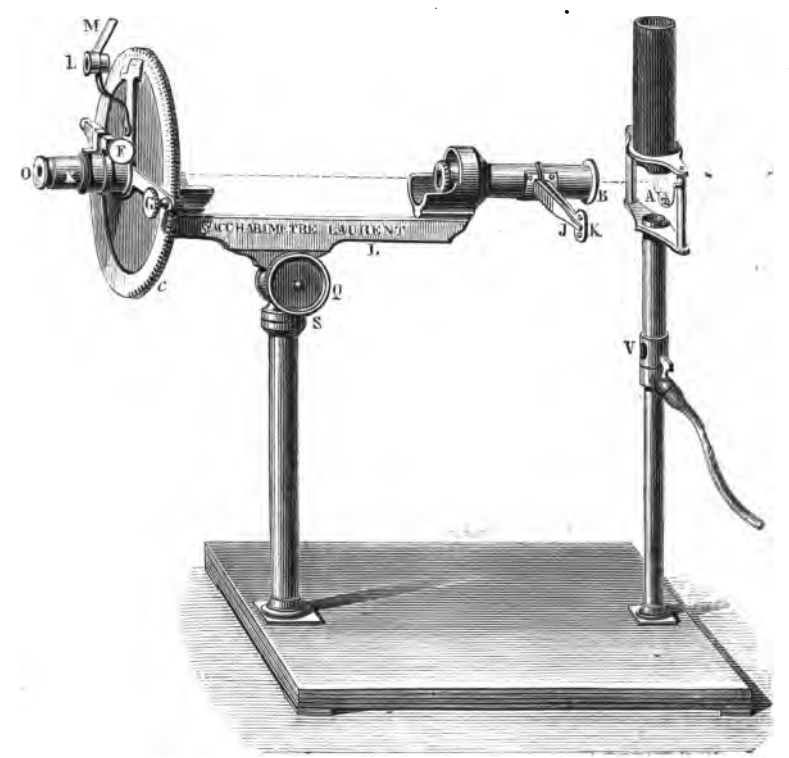


Fig. 63. — Saccharimètre Laurent.

Il est donc évident que, si l'on interpose entre la demi-lame de quartz et l'analyseur, le tube d'eau sucrée, il suffira de tourner l'analyseur d'un angle suffi-

sant pour ramener l'égalité dans les deux pénombres. L'angle de rotation mesurera la quantité de sucre contenue dans la solution.

D'autre part, si, l'appareil étant au 0, au lieu de toucher l'analyseur on le laisse fixe, et si l'on tourne sur lui-même le polariseur, les deux côtés du champ de visée resteront de même teinte, mais on passera de la pénombre parfaite au maximum de lumière, comme si la demi-quartz n'existait pas.

Cette propriété de l'instrument permet, lorsque la solution sucrée est colorée, de donner plus ou moins de lumière au champ de visée, de manière à permettre de lire le degré saccharimétrique même dans des cas où une quantité de lumière suffisante ne traverserait pas le liquide coloré dans tous les autres saccharimètres. Seulement, il faut remarquer que plus on se trouvera près de la position de perpendicularité des plans de polarisation de l'analyseur et du polariseur, plus l'appareil sera sensible. D'où résulte que, si l'on tourne le polariseur d'un certain angle pour arriver à donner la lumière nécessaire à la lecture de la rotation d'un sucre coloré, on diminue la sensibilité de l'appareil. Par conséquent, si le saccharimètre Laurent est commode dans le cas des liquides colorés, il ne faut pas oublier que c'est aux dépens de l'exactitude de la lecture.

Néanmoins, comme il est indiscutable que, dans bien des cas, il est plus nécessaire d'avoir une lecture approximative que de n'en pas avoir du tout, l'invention de M. Laurent est tout à fait précieuse pour les labora-

toires industriels, et que la renommée qu'a méritée cet appareil est tout à fait justifiée.

M. Laurent a ajouté à son saccharimètre, entre la lumière jaune du bec de gaz et le polariseur, une lame jaune taillée dans un cristal de bichromate de potasse pour éteindre tous les rayons colorés que peut contenir la flamme, et l'appareil y a gagné encore en sensibilité, surtout lorsque l'on tourne le polariseur. De plus, lorsque la solution sucrée est très riche et se rapproche du point 100, si cette lame jaune n'existait pas, on aurait un champ coloré à cause de la reconstitution de la lumière par le quartz ou par le sucre provenant des rayons autres que le jaune qui s'échappent de la lumière du gaz. Cette précaution est donc indispensable.

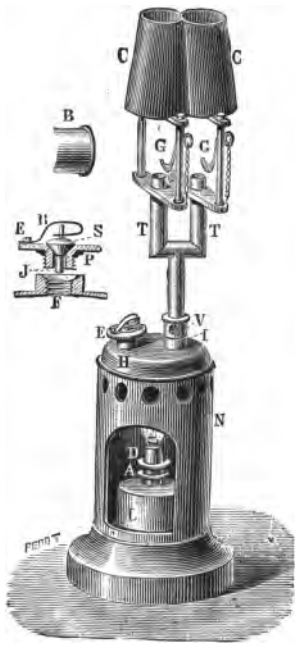


Fig. 64. — Eolipyle.

Lorsque l'on ne dispose pas du gaz comme moyen d'éclairage, on se sert d'un *éolypile*, petite chaudière chargée d'alcool (fig. 64), faite de telle façon que l'échauffement de cet alcool par une lampe produise un jet régulier et violent que l'on enflamme dans un bec

Bunsen. L'éolypile brûle suffisamment longtemps pour fournir un certain nombre d'observations successives. Sa flamme est aussi incolore que celle du gaz.

Mais l'éolypile demande une certaine habitude pour qu'on puisse s'en servir. Aussi M. Laurent a-t-il cherché un moyen de se servir de la lumière blanche des lampes ordinaires pour obtenir la pénombre désirée, sans coloration du champ de visée.

Il y est arrivé en interposant entre la dernière lame de quartz et l'analyseur un *compensateur* analogue à celui de Soleil (fig. 65). Grâce à cette disposition, les couleurs sont éteintes de la même manière qu'elles sont créées, et la lecture, au lieu de se faire sur le limbe, se fait sur l'échelle du compensateur lui-même, l'analyseur restant fixe.

On a ainsi le saccharimètre *à lumière blanche* qui est fort apprécié dans les endroits où le gaz n'existe pas, et qui est tout aussi sensible que l'autre quand il est bien construit. Mais, à cause de la multiplicité des organes, une telle construction est difficile et demande infiniment plus de soins que pour les autres saccharimètres. Malgré cela les appareils Laurent sont parfaits.

En Allemagne la maison Schmidt et Ensch a copié le saccharimètre Duboscq, y a ajouté le compensateur Laurent et en a fait, avec quelques artifices, un très bon appareil également très répandu à l'étranger.

Dosage du sucre par le saccharimètre. — Après tout ce que nous venons de dire, le dosage du sucre devient chose très facile à expliquer.

MM. Aimé Girard et De Luynes ont déterminé que, si l'on dissout 16gr,19 de sucre pur dans l'eau de manière à faire 100 centimètres cubes de liquide, et si l'on en emplit un tube ayant 20 centimètres de longueur, on obtient au saccharimètre Laurent ou Duboscq la même rotation que si l'on interposait entre l'analyseur et le

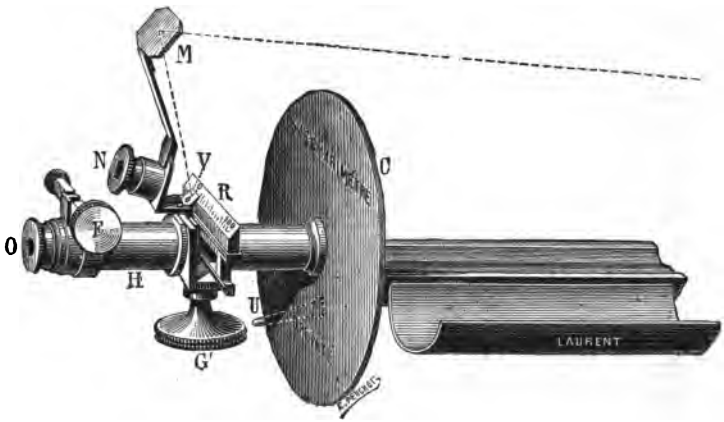


Fig. 65. — Compensateur Laurent.

polariseur de l'appareil une lame de quartz de 1 millimètre d'épaisseur.

Si donc on marque 100 à ce point, et que l'on interpose alors sur le parcours du rayon lumineux une solution sucrée contenant 10,19 pour 100 de sucre, si l'on n'obtient pas 100, c'est que le sucre dissous ne contenait pas 100 pour 100 de sucre. Si l'on n'obtient que 88 par exemple, c'est que le sucre en question ne contenait que 88 pour 100 de saccharose.

Réciproquement, si l'on veut avoir la quantité de sucre contenue dans un liquide donné, si ce liquide marque 100, c'est qu'il contenait, par 100 centimètres cubes, 16gr,19 de sucre ; s'il ne marque que 88, c'est qu'il ne contient que les 88/100 de 16,19, ce qui permet de déterminer facilement la richesse d'un sucre ou d'un liquide sucré quelconque.

Nous reviendrons plus loin sur les précautions à prendre pour faire ces analyses.

Il y a des liquides très pauvres en sucre, comme les eaux de lavage du dernier diffuseur, les eaux résiduelles des filtres-presses, etc., dont il faut à chaque instant faire l'analyse en fabrication pour juger si le travail est bon et les pertes minimes.

Dans ces cas la rotation au saccharimètre dans les tubes de 20 centimètres est presque nulle. Alors on a imaginé de doubler cette rotation en doublant la longueur des tubes. On a donc fait des tubes de 40 centimètres, et c'est sur cette longueur que l'on fait les observations des liquides pauvres, en ayant soin de ne prendre que la moitié des divisions observées pour exprimer la quantité réelle de sucre contenue dans ces liquides.

Nous reviendrons d'ailleurs sur tout cela en repassant en revue la fabrication au point de vue analytique.

Dosage du sucre par la densimétrie. — Les dissolutions de sucre, comme toutes les dissolutions salines, ont une densité d'autant plus élevée qu'il y a plus de sucre dans la liqueur. Il en résulte que le densimètre

est un instrument commode pour savoir combien de sucre pur est contenu dans une solution.

Des tables ont été dressées donnant la quantité de sucre pur correspondant à une densité donnée; ceci n'est pas une difficulté, beaucoup d'expérimentateurs s'étant astreints à faire et refaire ces tables pour les obtenir aussi justes que possible. Donc, toutes les fois qu'on aura une solution de sucre pur, il suffira d'y plonger un aréomètre ou d'en déterminer la densité d'une manière quelconque pour savoir sa teneur en sucre, si toutefois on fait les corrections de température convenables.

Parmi ces tables il y en a de fort anciennes et de plus récentes qui diffèrent un peu à cause du point de départ qui n'est pas le même.

En effet, autrefois le seul aréomètre employé était l'aréomètre Baumé; aussi les premières tables ont-elles été faites en comparaison avec ce que l'on appelait la densité Baumé.

Mais les recherches de Berthelot et autres savants ont appris l'inexactitude des aéromètres Baumé anciens dont la base n'était pas correcte. Il en résulta que les degrés Baumé anciens ne concordaient pas avec les degrés nouveaux, d'où confusion et même erreur dans les résultats, suivant que le chimiste avait entre les mains un Baumé sortant d'une maison ou d'une autre.

Aussi substitua-t-on à la longue les degrés densimétriques selon Gay-Lussac aux indications de Baumé. Dès lors il n'est plus moyen de se tromper, les densités

étant toujours vérifiables par la balance. Bien plus, comme le densimètre est sujet à des degrés divers de perfection suivant que le constructeur est plus ou moins habile, ou que le client veut y mettre tel ou tel prix, l'Etat français a décidé que tous les densimètres commerciaux seraient contrôlés et poinçonnés. On ne peut donc plus faire d'erreur sur la densité d'un liquide en se servant d'un aréomètre, toutes les garanties d'exactitude étant prises contre les instruments employés à cet usage.

Donc on peut dire aujourd'hui qu'avec un aréomètre il est possible de doser exactement la quantité de sucre pur contenu dans un sirop. Nous donnons page 319 la table dressée par Balling qui indique les degrés Baumé, poids spécifique et teneur en sucre pour 100, appelés dès lors degrés Balling ou parfois degrés Brix.

Mais en sucrerie on ne rencontre jamais de solution de sucre pur. Serait-ce donc en pure perte qu'ont été faits tous ces travaux ?

Les jus sucrés sur lesquels on opère contiennent toujours des sels, des matières organiques, qui ne marquent pas à l'aréomètre de la même manière que le sucre. En sorte que réellement la lecture des degrés aréométriques dans un liquide de fabrique ne signifie rien du tout.

Seulement comme la densité d'un jus est toujours facile à prendre, on a travaillé la question de savoir quelle relation existait entre la densité et la teneur saccharine d'un jus de betterave.

COMPARAISON

DES DEGRÉS SACCHARIMÉTRIQUES BALLING AVEC LES DEGRÉS BAUMÉ

(à 17°,5 c.)

% BALLING.	BAUMÉ.	POIDS Spécif.	% BALLING.	BAUMÉ	POIDS Spécif.	% BALLING.	BAUMÉ.	POIS Spécif.
1	0,56	1,0039	35	19,23	1,1541	69	36,91	1,3446
2	1,11	0078	36	19,77	1591	70	37,40	3509
3	1,67	0117	37	20,30	1641	71	37,90	3572
4	2,23	0157	38	20,84	1692	72	38,39	3636
5	2,78	0197	39	21,37	1743	73	38,89	3700
6	3,44	0237	40	21,91	1794	74	39,38	3764
7	3,89	0278	41	22,44	1846	75	39,87	3829
8	4,45	0319	42	22,97	1898	76	40,36	3894
9	5,00	0360	43	23,50	1950	77	40,84	3959
10	5,56	0401	44	24,03	2003	78	41,33	4025
11	6,11	0443	45	24,56	2056	79	41,81	4092
12	6,66	0485	46	25,09	2110	80	42,29	4159
13	7,22	0528	47	25,62	2164	81	42,78	4226
14	7,77	0570	48	26,14	2218	82	43,25	4293
15	8,32	0613	49	26,67	2273	83	43,73	4361
16	8.87	0657	50	27,19	2328	84	44,21	4430
17	9,42	0700	51	27,71	2383	85	44,68	4499
18	9,97	0744	52	28,24	2439	86	45,15	4568
19	10,52	0787	53	28,75	2495	87	45,62	4638
20	11,07	0833	54	29,27	2552	88	46,09	4708
21	11,62	0878	55	29,79	2609	89	46,56	4778
22	12,17	0923	56	30,31	2666	90	47,02	4849
23	12,72	0969	57	30,82	2724	91	47,48	4920
24	13,26	1015	58	31,34	2782	92	47,95	4992
25	13,81	1061	59	31,85	2840	93	48,40	5064
26	14,35	1107	60	32,36	2899	94	48,86	5136
27	14,90	1154	61	32,87	2958	95	49,32	5209
28	15,44	1201	62	33,38	3018	96	49,77	5281
29	15,99	1249	63	33,89	3078	97	50,22	5355
30	16,53	1297	64	34,40	3138	98	50,67	5429
31	17,07	1345	65	34,90	3199	99	51,12	5504
32	17,64	1393	66	35.40	3260	100	51,56	5578
33	18,15	1442	67	35,90	3322			
34	18,69	1491	68	36,41	3384			

Existe-t-il une relation ? C'était le point capital à élucider ? Or, on a reconnu que plus une betterave contient de sucre, moins elle contient de sels, de sorte que plus le jus qu'on en extrait est dense, plus il est pur. Première raison pour prendre la densité.

De plus on a observé qu'il existe *presque* toujours une relation constante entre la teneur en sucre et la teneur en sel d'un jus de betterave à chaque densité de ce jus. Par conséquent, connaissant cette densité on a déjà très approximativement le rapport du sucre aux matières étrangères.

La densité donne donc déjà des indications précieuses sur la nature de la betterave à laquelle on a affaire.

Aussi a-t-on cherché à établir une corrélation entre la valeur marchande d'une betterave dont le jus a telle ou telle densité, et l'on est arrivé à des résultats suffisants pour pouvoir fonder sur cette méthode une base d'achat pour la betterave, *achat à la densité*.

C'est pourquoi l'Etat a dû faire un contrôle sérieux des densimètres, comme il en fait des poids et mesures, car par ce mode d'achat si les densimètres de l'acheteur et ceux du vendeur n'étaient pas identiques on se trouvait en présence de discussions où, la bonne foi des deux parties étant égales, les tribunaux étaient souvent obligés d'intervenir. Toutes ces discussions ont cessé du jour où les densimètres indiquaient tous la même chose dans le même liquide. C'était simple, mais avant que le remède fût trouvé, que de procès ne s'engagèrent-ils pas entre fabricants et cultivateurs ?

A l'usine on trouva encore à tirer parti des indications aréométriques de la manière suivante : Si un liquide a une densité indiquée par l'aréomètre, il devrait contenir la quantité de sucre correspondant à cette densité. Mais si l'on fait latéralement l'analyse du liquide au moyen du saccharimètre, on trouve une teneur en sucre moindre que celle qu'indique le densimètre. La différence entre les deux quantités donne un chiffre qui représente, évaluée en sucre, la teneur en matières dissoutes dans le jus autres que le saccharose.

En sorte que le densimètre et le saccharimètre donnent immédiatement l'analyse complète du liquide, sucre et matières étrangères.

Ces matières étrangères ont reçu d'Allemagne une dénomination qui est passée dans la pratique, et on les appelle *non-sucre*. On a donc le *sucre* et le *non-sucre* du jus.

Le rapport entre le poids du sucre donnant 1 degré de densité à l'aréomètre et le poids de matières étrangères ou non-sucre donnant également 1 degré de densité a été déterminé par expérience, mais il est très variable, aussi ne s'en inquiète-t-on guère, et les bulletins d'analyse portent seulement le sucre et le non-sucre du jus de betteraves et chacun sait ce que cela veut dire.

Mais aux règles que nous venons d'énumérer, il y a dans la pratique de telles exceptions, que l'achat à la densité tend à disparaître de jour en jour pour y substituer l'analyse saccharimétrique. Seulement la densité

est si facile à prendre avec les aréomètres et tellement à la portée de tout le monde, même du paysan le plus ignorant, que l'analyse saccharimétrique, plus savante et qui demande beaucoup plus de soins, a beaucoup de peine à s'implanter dans nos contrées de culture, l'agriculteur préférant son aréomètre à la lunette dans laquelle on « voit un pain à cacheter coupé en deux » à laquelle il ne comprend rien et qui échappe complètement à son contrôle.

Les densités du jus de betterave varient entre 1,040 et 1,070. Il est d'usage de dire que le premier jus pèse 4 et le second 7 degrés, supprimant le 1 et le 0 qui précèdent de chiffre de centièmes, le seul important dans la lecture ; c'est plus simple. Ainsi un jus qui pèse 5°,6, a pour densité 1,056. C'est une convention.

Glucose, Lévulose et Sucre interverti.

Nous avons dit que, lorsque l'on traite du sucre par un acide, le saccharose se change en sucre interverti, composé d'un mélange à poids égal de glucose et de lévulose.

Comme une méthode d'analyse des liquides sucrés est basée sur cette propriété, nous allons donner l'histoire succincte de ces deux corps.

Le *glucose*, ou la *glycose*, est le principe sucré du miel. Lorsque l'on traite la fécule ou l'amidon, ou bien la cellulose, par l'acide sulfurique, on obtient encore du glucose. Il a pour formule chimique $C^{12}H^{12}O^{12}$ et cris-

tallise avec 2 équivalents d'eau en formant les mamelons que l'on rencontre sur le miel conservé.

Il dévie le plan de polarisation à droite, comme le saccharose. Seulement il jouit d'une propriété remarquable. Au moment de sa dissolution, sa rotation au saccharimètre est près du double de celle que l'on observe quelques instants plus tard. Son indice de réfraction varie de :

$$[\alpha]_D = +53{,}23 \quad \text{à} \quad [\alpha]_D = +91{,}21$$

Il semble se former une combinaison du glucose avec l'eau qui le dissout, combinaison lente qui diminue son pouvoir rotatoire. Nous en avons fourni la preuve en dissolvant le glucose dans l'alcool qui nous donne un pouvoir rotatoire fixe très rapproché du chiffre maximum. On n'arrive pas à ce chiffre maximum parce que le glucose est insoluble dans l'alcool absolu, et que par conséquent on se trouve toujours en présence d'une certaine quantité d'eau qui abaisse le pouvoir rotatoire.

Le glucose est inaltérable par les acides. Par contre, il se décompose par l'ébullition en présence des alcalis, en formant des matières noires de constitution humique. On parvient néanmoins à faire des glucosates de chaux, de baryte et de plomb, ce qui prouve que le glucose jouit de propriétés acides vis-à-vis des bases.

Le *lévulose* ne s'obtient pas à l'état cristallin. Il est très déliquescent, et ses propriétés sont tout à fait

contraires de celles du glucose. Ainsi son pouvoir rotatoire est gauche :

$$[\alpha]_D = -92^\circ$$

Soit sensiblement le même que celui du glucose, mais de signe contraire.

Les alcalis sont sans action sur le lévulose, mais les acides le décomposent rapidement.

Le lévulosate de chaux est insoluble dans l'eau froide, tandis que le glucosate est très soluble, ce qui permet de les séparer l'un de l'autre.

Les ferments attaquent plus facilement le glucose que le lévulose.

La formule est la même que celle du glucose.

Le *sucre interverti*, comme nous l'avons vu, est le résultat de la décomposition du sucre par les acides. Il est composé de poids égaux de glucose et de lévulose.

Comme le sucre interverti se forme toujours au sein de l'eau, son pouvoir rotatoire est la différence entre celui du glucose et du lévulose dans le liquide où il est formé.

On lui assigne ordinairement une rotation de :

$$[\alpha]_D = -21,5$$

Il tourne donc à gauche.

Mais nous avons démontré dans nos expériences que, si l'on fait l'inversion au sein de l'alcool absolu, on trouve au sucre interverti une rotation nulle, $\alpha = 0$, ce qui tend à prouver que la rotation maxima admise pour le glucose est un peu faible.

La composition du sucre interverti a été établie par Dubrunfaut qui, profitant de la solubilité différente du glucosate et du lévulosate de chaux à froid, a pu séparer ces deux corps en poids égaux, en opérant dans un mélange réfrigérant.

Analyse du sucre par inversion. — Le glucose, le lévulose et le sucre interverti jouissent d'une propriété commune, égale pour les trois espèces de sucre, celle de réduire les sels de cuivre à l'état d'oxydule, en présence d'un acide organique, propriété que ne partage pas le saccharose.

Ainsi, si l'on forme une liqueur composée de :

Sulfate de cuivre.	40	grammes
Tartrate de soude et de potasse .	200	—
Eau.	760	—
Solution de soude caustique de densité = 1,12.	700	centimètres cubes

Cette solution (liqueur de Fehling) est d'un beau bleu foncé. Dans ces proportions elle doit faire 1154,5 centimètres cubes de liqueur.

Si à 10 centimètres cubes de cette solution on ajoute 5 centigrammes de glucose, lévulose ou sucre interverti, et que l'on fasse bouillir, la liqueur bleue se décolore complètement, et tout le cuivre est précipité à l'état d'oxydule rouge.

Il en résulte que, si l'on a une solution quelconque de sucre interverti, et qu'on la fasse bouillir avec 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling, en mesurant le

volume de solution qu'il aura fallu pour précipiter tout le cuivre, on saura que ce volume mesuré contient exactement 5 centigrammes de sucre interverti.

De là la méthode générale proposée et employée fréquemment pour doser le sucre contenu dans un liquide.

On fait bouillir ce liquide avec de l'acide chlorhydrique. Tout le sucre qu'il contient se change en sucre interverti. Ensuite on fait bouillir 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling et on y verse avec une burette autant de liqueur intervertie qu'il en faut pour précipiter tout le cuivre. A la lecture de la burette, on voit combien de centimètres cubes contiennent 5 centigrammes de sucre interverti, ou 475 milligrammes de saccharose, et on en déduit de suite, par une simple proportion, la quantité de sucre contenue dans le liquide primitif.

Cette méthode d'analyse est très exacte, et est toujours employée dans les liquides qui contiennent un mélange de sucre et de glucose actif sur la lumière polarisée, le saccharimètre ne donnant pas un chiffre exact dans ce cas.

Pour l'analyse des mélasses de canne, par exemple, ou même des sucres de canne qui contiennent toujours des glucoses à pouvoir rotatoire variables et indéterminés d'avance, cette méthode d'analyse est la seule applicable.

On commence d'abord par doser le glucose existant, puis on intervertit ; on dose la somme totale de sucre

réducteur, et la différence avec le chiffre primitif donne le sucre réellement contenu dans l'échantillon.

Nous reviendrons plus tard sur ces analyses dont nous ne voulons indiquer ici que le principe. C'est dans la pratique que l'on juge si l'on doit appliquer telle méthode de préférence à telle autre.

Nous allons repasser maintenant tout le travail de la fabrication au point de vue analytique, le laboratoire devant être toujours le guide de l'usine.

Analyse de la betterave.

On doit analyser la betterave dans deux cas. Le premier, c'est au moment de la sélection des porte-graines, le second lors de son entrée à l'usine pour calculer la quantité de sucre mise en fabrication.

La sélection des porte-graines consiste à choisir, parmi les betteraves que l'on destine à être replantées pour fournir les graines l'année suivante, celles qui contiennent le plus de sucre, et qui, dès lors, seront plus aptes à reproduire des betteraves de bonne qualité. On conçoit que cette analyse doive se faire suivant une méthode telle que la betterave ne soit pas blessée au point d'en mourir.

A cet effet on prélève sur chaque racine un petit échantillon, en la perçant d'outre en outre vers le sommet, en faisant un angle qui permette d'obtenir un échantillon moyen. Le trou ainsi fait est ensuite bouché

avec de l'argile et la betterave peut être replantée sans qu'elle se ressente de cette opération.

Cette perforation se fait de deux manières, soit au moyen d'un foret-râpe qui réduit immédiatement en râpure la tranche enlevée, soit au moyen d'un emporte-pièce qui prélève un petit cylindre que l'on râpe ensuite pour en faire l'analyse.

Chaque betterave étant analysée, on est certain de ne planter que de bonnes espèces. La plantation des porte-graines dans les maisons qui en font leur spécialité, comme Vilmorin et autres qui vendent des graines au monde entier, représentant un travail considérable, il a fallu créer des méthodes rapides qui permissent d'analyser plusieurs milliers de racines par jour et par expérimentateur. Nous allons décrire plus loin ces méthodes. Mais nous voulions attirer ici seulement l'attention des lecteurs sur l'importance de l'analyse de la betterave, et sur l'immense quantité que l'on est obligé d'en faire en un laps de temps très court. Ces laboratoires de sélection sont de véritables usines à analyse, avec force motrice, machines et nombreux personnel permettant de faire vite et bien, l'exactitude dans le travail étant aussi importante que sa rapidité.

L'analyse des betteraves entrant à l'usine ne se fait pas avec cette célérité, parce que souvent elle est la base des transactions avec les cultivateurs. Ici, il faut se mettre à la portée des parties contractantes, et que toutes les opérations soient pondérées et raisonnées sous les yeux des intéressés. De plus, on ne peut pas songer à

analyser toutes les betteraves. Il faut prélever un échantillon sur chaque voiture qui entre à l'usine et chercher la richesse moyenne de l'échantillon, et ce n'est pas chose aisée.

On prélève, par exemple, un panier de betteraves sur toute une voiture. Ces betteraves sont pesées, puis lavées dans un tambour rotatif à bras, puis grattées, brossées, essuyées, repesées, et la différence indique la quantité de terre qu'apporte la betterave avec elle, quantité que l'on déduit du poids de racines livrées par le cultivateur, et que l'on appelle *la tare*. On a eu soin aussi avant la seconde pesée de retirer les feuilles encore adhérentes, retailler les collets à plat, car c'est ainsi que les cultivateurs doivent livrer leur marchandise suivant les contrats, en sorte que la tare représente quelquefois un certain pour 100 très important sur les livraisons, qui n'est pas moins de 10 à 20 et dépasse souvent ce chiffre.

Les betteraves qui ont servi à établir la tare sont ensuite analysées.

Dans bien des cas on se contente de râper la betterave au moyen d'une râpe à dents, rotative à main, de presser cette râpure dans un petit sac sous une presse à main suffisamment puissante, et de constater la densité du jus au moyen d'un aréomètre contrôlé. On paie alors la livraison *à la densité* prenant un terme moyen comme base du prix, par exemple payant 25 francs les 1000 kilogrammes de betterave à 6 (c'est-à-dire à 1,06 de densité) et réduisant au-des-

sous de ce prix par chaque dixième de degré en moins, et augmentant pour chaque dixième en plus.

Mais il y a là une difficulté. On ne peut analyser toutes les betteraves contenues dans un panier, soit une cinquantaine de kilogrammes. Alors on coupe chaque betterave en quatre, et on ne râpe qu'un quart de chaque, ou bien comme on a ainsi encore une quantité de râpure beaucoup trop considérable et que l'opération dure beaucoup trop longtemps, on fait une moyenne des betteraves contenues dans le panier, et l'on râpe le quart de celles que l'on a choisies.

Pour faire cette moyenne, on place par terre, par rang de taille, toutes les betteraves, et sur quatre on en prend une en suivant. De la sorte on a à peu près des betteraves de toutes les dimensions, et aussi de toutes les richesses, les plus petites étant presque toujours plus riches que les grosses.

Quand on a obtenu la richesse du jus par densité on s'en tient là généralement. Parfois cependant on passe ce jus au saccharimètre, et c'est sur l'indication saccharimétrique et non sur la densité que l'on paie le cultivateur. Mais c'est une exception, car le cultivateur est rebelle à l'usage du saccharimètre auquel il ne comprend rien.

Pour analyser un jus au moyen du saccharimètre, voici comment on opère.

On fait usage à cet effet d'un petit ballon (fig. 69) contenant exactement 100 centimètres cubes, le trait de jaugeage marqué 100 étant au bas du col du ballon. Afin

que la mesure soit faite aussi exactement que possible, le col a un diamètre suffisant pour que la lecture ne présente pas trop d'erreur, soit 1 centimètre environ. Entre ce trait de jauge et le haut du col se trouve un second trait de jauge marquant 110 centimètres cubes exactement.

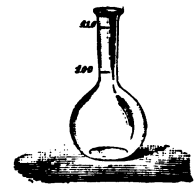


Fig. 66. — Fiole jaujée.

On emplit le ballon jusqu'au trait 100 avec du jus. Comme celui-ci fait un peu de mousse qui empêche l'exactitude du mesurage, on abat cette mousse avec une goutte d'un mélange d'alcool et d'éther qui la fait disparaître complètement, et l'on termine l'affleurement.

Puis on ajoute de la solution de sous-acétate plomb jusqu'au trait 110.

On agite le mélange, on filtre, et le liquide filtré deux fois, s'il est nécessaire, sur le même filtre, doit être parfaitement limpide et incolore.

On emplit avec ce liquide le tube du saccharimètre, et on inscrit le chiffre trouvé. Comme on a 110 centimètres cubes de liquide au lieu de 100, le nombre trouvé est trop faible d'un dixième. On ajoute donc à ce nombre un dixième, et l'on a la lecture exacte.

Sachant que $16^{gr},19$ de sucre donnent 100 au saccharimètre, soit 0,1619 de sucre par degré, il suffit de multiplier le nombre trouvé par 0,1619 pour savoir le quantum de sucre contenu dans le jus. D'ailleurs des tables donnent ce calcul tout fait avec la correction d'un dixième.

Cette opération est très simple et très facile. Seulement elle est sujette à beaucoup d'erreurs.

Les ballons sont jaugés à 15 degrés. Si la température du jus est plus grande ou plus petite, il est indispensable de faire la correction si l'on tient à avoir une indication exacte. De plus, un ballon jaugé à 15 degrés ne donne pas une division métrique, puisque 100 centimètres cubes doivent être mesurés à 4 degrés pour donner 100 grammes. Il en résulte une erreur réelle dont on doit tenir compte aussi et qui a été cause de nombreuses discussions dans le clan des chimistes. En réalité l'expérience devrait être faite à 4 degrés pour que la mesure fût réelle.

Enfin, quand on ajoute du sous-acétate de plomb, il se forme au sein du liquide un abondant précipité qui tient de la place dans le ballon, par conséquent ce n'est pas 110 centimètres cubes, mais ce nombre diminué du volume du précipité que l'on a dans le ballon, exactement comme si l'on introduisait une pierre dans la fiole. De là des discussions nouvelles pour établir le volume de ce précipité. De sorte que, lorsque l'on fait une opération sans tenir compte de tous ces détails, on enregistre un chiffre absolument faux. L'opération si simple que nous venons de décrire est donc essentiellement erronée dans ses résultats, si on ne l'entoure pas de toutes les précautions désirables.

A vrai dire, en sucrerie, on se contente du chiffre brut, sans correction, parce que les opérations d'usine servent plutôt au contrôle qu'à l'obtention de chiffres

exacts, et dès l'instant que les chiffres de contrôle ont tous la même erreur ils sont comparables, et c'est tout ce qu'on leur demande.

D'autant plus que le jus obtenu par pression n'est pas lui-même un jus normal.

En effet, lorsque l'on presse de la râpure de betterave, on a remarqué que la nature du jus sortant n'était pas la même au commencement et à la fin de la pression lorsque la pression finale était très forte, le dernier jus étant moins dense que le premier. Il en résulte que, si l'on presse la pulpe à la main, ou sous une presse à main ordinaire, ou sous une presse hydraulique puissante, on n'obtient pas dans les trois cas un liquide identique.

Mais si dans une sucrerie on a l'habitude de se servir d'une presse à main, tournée par le même individu qui y met ordinairement toujours la même force, les résultats seront comparables pour cette fabrique, sans l'être pour une fabrique voisine par exemple, qui presserait sa pulpe sous une presse hydraulique.

Méthode Pellet. — Aussi a-t-on recherché une méthode d'analyse qui répondît exactement à la teneur en sucre de la betterave, se dégageant de la plupart des causes d'erreur de l'analyse du jus de pression.

Les procédés dits de digestion aqueuse ou alcoolique, à chaud ou à froid, donnent la solution du problème.

Pour ne pas nous étendre trop longtemps sur cette question qui a donné lieu à de vives polémiques, nous ne décrirons que le procédé Pellet de diffusion aqueuse

à froid instantanée, qui est reconnue universellement aujourd'hui comme la plus pratique de toutes en donnant un degré d'exactitude égale, sinon supérieure à la plus compliquée des méthodes antérieures.

Lorsque l'on râpe la betterave en pulpe fine, telle qu'on l'obtient en la passant sur une lime à bois légèrement usée, on obtient un magma suffisamment divisé pour que, noyé dans l'eau, le sucre qu'il contient se dissolve immédiatement. Les cellules semblent, dans ce cas, toutes complètement déchirées et telles que leur jus sucré se dilue immédiatement dans l'eau. Il n'y a pas de diffusion proprement dite, c'est une simple dilution.

Le procédé Pellet se basant sur cette remarque consiste donc à râper finement la betterave, à en peser le poids correspondant à la prise d'essai du saccharimètre, l'introduire dans une fiole de 100 centimètres cubes comme si c'était un morceau de sucre que l'on veut analyser, ajouter de l'eau, défèquer au sous-acétate de plomb, compléter le volume de 100, filtrer et regarder le liquide au saccharimètre.

On a donc, par un procédé fort simple et essentiellement rapide, la teneur exacte en sucre de la betterave.

Ce procédé demande quelques soins particuliers et certaines précautions.

D'abord, l'écueil commun à tous les procédés, c'est l'échantillonnage de la betterave. Ici la difficulté est la même que pour tous les autres systèmes. Nous avons dit comment se fait l'échantillonnage.

Ensuite, il faut une râpe qui réponde bien au degré de finesse demandé pour la pulpe. Ces râpes n'ont pas besoin d'une forme spéciale; pourvu que leur surface ait la taille d'une lime à bois, c'est tout ce qu'on peut leur demander. On a appelé cela *la taille Keil*, du nom de celui qui le premier a fait les râpes pour le procédé Pellet.

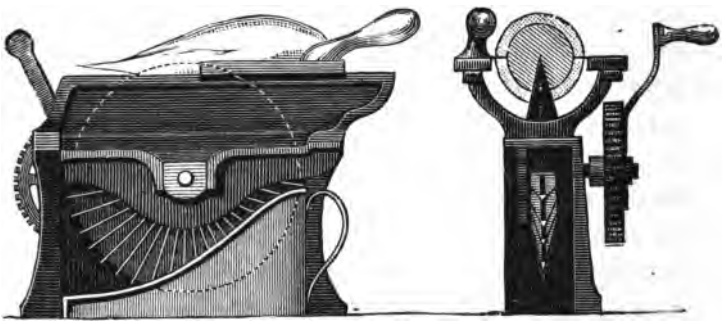


FIG. 67. — Râpe rationnelle conique (Pellet).

La râpe adoptée généralement est de deux formes. La *râpe Pellet* (fig. 67) sert aux analyses d'usine, son invention dans sa forme générale est antérieure au procédé que nous venons de décrire, M. Pellet l'ayant créée pour le râpage des betteraves dont on veut extraire le jus par pression. Son but était d'enlever dans une betterave quelconque une tranche prise dans toute la longueur depuis le centre jusqu'à la circonférence, et rayonnant sous un angle donné fixe, représentant environ un huitième de la racine à analyser. La section est donc faite sous un angle de 30 degrés environ sur toute la longueur de la betterave.

Pour arriver à ce résultat, il construisit un disque épais au centre et diminuant à zéro jusqu'à la circonférence, sous l'angle de 30 degrés désiré. Ce disque était muni d'une denture, et il est évident qu'en le faisant tourner, si l'on promène au-dessus une betterave de la tête à la queue, en l'atteignant jusqu'au centre, on aura râpé sur toute sa demi-épaisseur une tranche qui sera de même forme et de même rapport que pour toute autre betterave présentée de même manière à l'appareil.

C'est ce disque Pellet sur lequel on a fait la taille de râpe à bois et qui sert aux analyses d'usine, quand on a de grandes quantités de betteraves à râper.

Pour les analyses nécessitées par la sélection, on se sert d'un foret-râpe taillé de même manière ; seulement comme il faut recueillir la pulpe ainsi formée dans le trou pratiqué dans la betterave, on a fait creuse la tige tournante du foret et le foret lui-même, de telle sorte que la pulpe râpée traverse le foret et s'emmagasine dans la tige. Le trou percé, on retire la tige, extrait la pulpe qu'elle contient dans son centre, et l'on a l'échantillon sur lequel on va procéder à l'analyse.

On se sert aussi d'un autre appareil dû à M. Hanriot (fig. 68), et qui consiste en un petit tronc de cône en acier à taille Keil tournant verticalement et contre lequel on presse les petits morceaux de betterave enlevés dans la racine mère au moyen d'une sonde. Le tronc de cône est dans un bâti portant la transmission A, le poussoir et une poire en caoutchouc P pour l'eau de lavage ; le tout

sous un petit volume facilitant entièrement les opérations.

Le morceau cylindrique de betterave étant pesé, ou

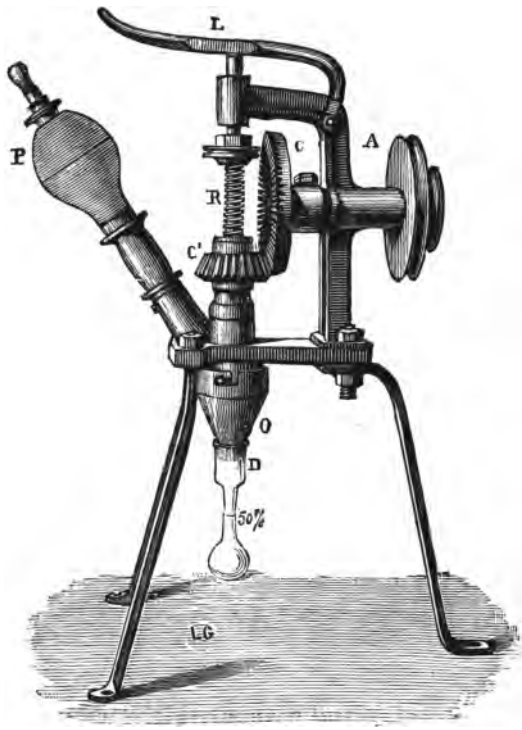


Fig. 68. — Appareil Hanriot.

mesuré sur une longueur exacte donnant le poids voulu, est introduit dans l'appareil qui le râpe entièrement et déverse sa râpure dans une fiole de 50 c. c., D. Puis l'appareil est lavé et l'eau de lavage tombe dans la fiole,

en sorte que toutes ces opérations préliminaires se font en un clin d'œil.

Tels sont les principaux appareils employés pour râper la betterave dans le procédé Pellet.

Une autre précaution quand on ne se sert pas de l'appareil Hanriot consiste à recevoir le poids de betterave normal dans une fiole de 200 centimètres cubes au lieu de 100, ce qui diminue de moitié la richesse du liquide. Cela permet d'éviter les mousses et rend l'opération plus rapide, mais alors il faut doubler le résultat. On préfère, pour avoir plus d'exactitude, regarder le liquide au saccharimètre dans un tube de longueur double, soit 40 centimètres au lieu de 20, en sorte que l'on n'a pas de correction à faire de ce fait.

Enfin il y a une correction indispensable à apporter aux résultats de l'analyse. En effet en introduisant la pulpe dans la fiole, on y met ensemble le sucre et la partie ligneuse. Cette dernière tient de la place, et, par conséquent, le sucre se trouve dilué non dans 200 centimètres cubes de liquide, mais dans ce volume diminué de celui du ligneux. De plus l'acétate de plomb occupe lui-même un certain volume sous forme de précipité plombique. M. Pellet a évalué exactement ces volumes de matière inerte et a établi des tables de correction correspondantes.

Par ce moyen on a des résultats tout à fait exacts, et donnant avec une grande rapidité, quelques minutes, une analyse de betterave qui eût demandé un long temps par les méthodes ordinaires.

Terminons par la description d'un appareil qui met le comble à la rapidité des analyses dans le cas des betteraves-mères, c'est-à-dire par le tube Pellet à analyse continue.

Ce qui retarde les analyses dans ce cas, c'est l'emplissage des tubes du saccharimètre, leur vidange, leur nettoyage et le temps nécessaire à celui qui fait les lectures pour mettre les tubes sur l'appareil et les retirer. M. Pellet a imaginé de faire toutes les analyses au moyen d'un seul tube.

Pour cela il a adapté, à un tube de 40 centimètres de longueur et de petit diamètre, deux ajutages, un à chaque bout, tout près des obturateurs. A ces ajutages sont fixés des tuyaux en caoutchouc, l'un plus long que l'autre. Le tube du saccharimètre étant mis en place, si l'on plonge le petit tuyau en caoutchouc dans un verre plein de jus, et qu'on aspire par l'autre, on forme siphon et le verre se vide, à moins que l'on ne pince l'extrémité du tube pour arrêter le courant.

L'appareil étant ainsi disposé, on place sous le petit tuyau en caoutchouc un verre rempli du jus à analyser, on desserre l'extrémité du tuyau long, et le tube du saccharimètre s'emplit de jus. On fait la lecture et pendant qu'on l'inscrit, un aide met un autre verre à la place du premier, rétablit le siphonnage, le nouveau liquide vient prendre la place du premier. On refait une nouvelle lecture, l'inscrit et un troisième verre vient prendre la place du second, et ainsi de suite.

Grâce à toutes ces dispositions, avec un seul saccha-

rimètre on peut faire 10.000 analyses par jour avec un personnel de 15 à 17 personnes.

Analyse du jus, des cossettes épuisées et des petites eaux de diffusion.

Tout ce que nous venons de dire sur le jus de betterave, pour l'analyse de celle-ci, s'applique au jus de l'usine. On en prend la densité, on en fait l'analyse saccharimétrique, et si l'on en connaît exactement le volume, on sait exactement aussi la quantité de sucre entrée en travail. Cette quantité de sucre devrait être égale à celle contenue dans la betterave entrée dans l'usine, qui a été pesée et analysée. Mais il y a toujours une différence en moins provenant des pertes à la diffusion.

Ces pertes consistent dans le sucre contenu dans les cossettes épuisées et dans les eaux résiduelles rejetées du dernier diffuseur.

Ces petites eaux sont analysées comme le jus, avec cette différence qu'étant très peu sucrées on est obligé de les observer au saccharimètre dans des tubes de 40 à 50 centimètres de longueur, et de multiplier le résultat par 20/40 ou 20/50 puisque les tubes qui ont servi à l'analyse sont plus longs que 20, ce qui est la dimension normale.

L'analyse des cossettes est plus compliquée.

La cossette est un corps très aqueux, gluant, impossible à presser pour en faire sortir la presque totalité

du liquide qu'il contient. Aussi est-on forcé d'appliquer un procédé d'analyse autre que celui de la betterave.

Au moyen d'un hache-viande on réduit la cossette en morceaux aussi menus que possible, on pèse une certaine quantité de cette matière, on l'introduit dans une capsule avec de l'eau et on chauffe. Il se fait une diffusion du sucre dans l'eau. On verse le liquide dans une fiole graduée, puis on lave de nouveau à l'eau bouillante que l'on verse également dans la fiole, et l'on admet que tout le sucre est ainsi dans l'eau recueillie. Et, de fait, la cossette ne contenant pas beaucoup de sucre, l'erreur commise est très faible.

On défèque le liquide, on affleure la fiole, on filtre et regarde au saccharimètre dans des tubes de 40 ou 50 centimètres. Une règle de trois donne le sucre contenu dans la pulpe.

Il est préférable, comme dans le procédé Pellet, d'introduire la pulpe elle-même dans la fiole, de chauffer avec de l'eau, et de déduire du volume celui que représente la partie ligneuse.

Si l'on connaissait la quantité de cossettes, et celle des petites eaux, et leur analyse, on en déduirait la perte en sucre. Mais ce qui manque pour évaluer réellement cette perte c'est la quantité exacte des éléments ci-dessus analysés. On est obligé de faire des évaluations. D'ailleurs ceci importe peu. Si l'analyse donne des chiffres minimes, c'est tout ce que l'on demande, le laboratoire n'ayant dans ce cas qu'à s'assurer si la cossette épuisée contient plus ou moins de sucre, pour que le chef de

fabrication conduise sa batterie de telle sorte que le chiffre des pertes soit le plus petit possible, ou au moins limité à un chiffre convenu d'avance avec le directeur qui doit voir si les frais d'extraction du sucre restant dans les cossettes ne dépassent pas le prix du sucre lui-même. En bonne administration on doit chercher à extraire le plus de sucre possible de la betterave, mais on ne doit pas pousser la chose à l'extrême limite si le prix de revient dépasse alors le prix de vente. Ce sont là des observations de métier qui font qu'un directeur est bon ou mauvais administrateur de son usine.

Analyse de la chaux.

Quand on a extrait le jus, il faut lui ajouter de la chaux ; mais il faut avant tout s'assurer si cette chaux est bonne pour le travail ; il faut donc l'analyser. Et d'abord il faut procéder à l'analyse de la pierre à chaux d'où elle provient pour n'employer que celle qui répond aux besoins de la carbonatation.

Une bonne pierre à chaux, en effet, ne doit contenir que peu ou pas de sulfate, pas de chlorures, pas de magnésie, peu ou pas d'argile.

Elle doit contenir le plus de carbonate de chaux possible, et au plus 10 pour 100 d'humidité.

Quand, ensuite, la pierre est cuite, il faut s'assurer de la qualité de la chaux qu'elle donne, de la quantité de matières inertes qu'elle contient, etc. L'analyse de la pierre à chaux dans ce cas est bien simple.

On fait une dissolution de sucre dans l'eau. On y met la chaux pesée, et on agite. Le sucre dissout la chaux et laisse les corps inertes. On ne peut, le cas échéant, employer de méthode plus précise que celle-là au point de vue du travail, puisque c'est en petit la répétition de ce qui va se passer à l'usine.

En analyse industrielle, il faut que le laboratoire emploie les mêmes procédés que l'usine pour s'assurer de la qualité des produits, c'est le meilleur moyen de se renseigner sur ce qui va se passer pendant le travail.

Analyse du gaz carbonique.

La chaux sera plus tard saturée dans le jus par le gaz carbonique des fours, il faut donc l'analyser.

Les qualités dont doit jouir l'acide carbonique sont les suivantes : Il doit contenir le plus d'acide carbonique réel possible ; on ne doit y trouver, ni oxyde de carbone, ni acide sulfureux.

Pour titrer l'acide carbonique contenu dans le gaz du four à chaux, la méthode employée généralement est celle des laboratoires. Dans un tube gradué en 100 centimètres cubes ou en 100 divisions égales quelconques, on reçoit le gaz, puis on y introduit un morceau de potasse sous l'eau. On agite jusqu'à cessation d'absorption. Le volume disparu représente le pour cent d'acide carbonique. Ce chiffre varie de 20 à 30.

Mais, comme on a souvent à répéter cette analyse, on a construit des appareils spéciaux pour l'effectuer.

Le plus ancien de tous est dû à M. Possoz, et consiste en une grande éprouvette à pied reposant dans une boîte en forme d'armoire, et qui sert aux mesurages de gaz. La potasse qui sert à l'absorption est en

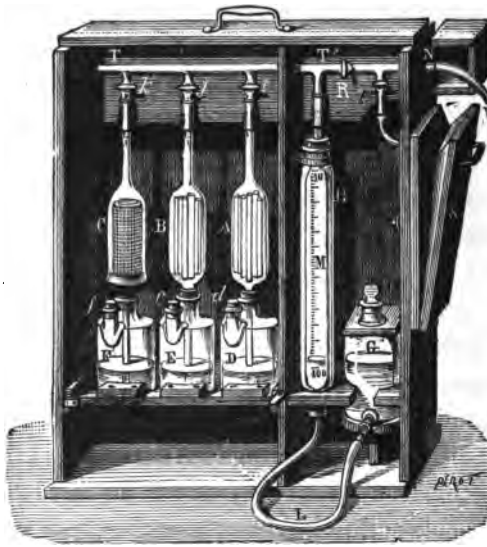


Fig. 69. — Appareil Orssat (Courtonne).

dissolution dans un flacon dont on fait aller et venir le contenu dans l'éprouvette. Le maniement est donc plus simple que celui du mode d'analyse précédent, et n'a aucun inconvénient pour les mains de l'opérateur que le maniement de la potasse attaque malgré toutes les précautions.

Nous ne parlerons que pour mémoire de l'appareil Orssat (fig. 69), le plus précis de tous, qui permet de

doser l'acide carbonique, l'oxyde de carbone et l'oxygène contenus dans le gaz, parce que cet appareil appartient au domaine de la chimie générale. Néanmoins, nous le mentionnons, car il devrait faire partie de tout laboratoire bien monté.

Analyse des jus chaulés.

Dans une usine dont le contrôle est bien fait, on mesure aussi la chaux contenue dans le jus avant la carbonatation. En tout cas, on dose toujours celle qui reste après cette opération, en première et en seconde carbonatation.

Ici, les dosages doivent être exacts et rapides, on fait usage à cet effet de liqueurs titrées.

Dans les usines, en face de la première et de la seconde carbonatation, se trouve une petite table, sur laquelle on installe tout le petit matériel nécessaire à ces analyses, et l'ouvrier doit se guider sur les indications analytiques pour terminer chaque chaudière.

Ce petit matériel varie d'une usine à l'autre, mais repose toujours sur le même principe.

L'outil principal est une burette graduée à pince, ou à robinet contenant la liqueur titrée (fig. 70).

Cette liqueur est composée d'acide sulfurique étendu en proportion telle qu'un centimètre cube corresponde à un millième de chaux contenue dans le jus.

On filtre en conséquence une certaine quantité de jus dont on mesure au moyen d'un petit vase jaugé en verre

ou en étain un volume déterminé qui est versé dans un verre à expérience.

L'opérateur verse dans ce liquide goutte à goutte la liqueur titrée contenue dans sa burette jusqu'à ce qu'il arrive à la neutralité. La quantité de liquide employé indique le nombre de millièmes de chaux contenu dans le jus.

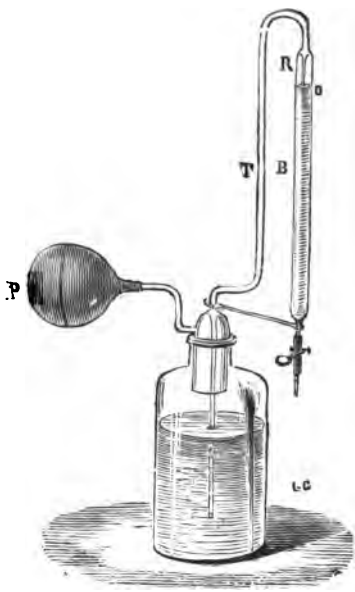


Fig. 70. — Flacon burette automatique (Gallois Dupont).

Pour indiquer le point de saturation, on fait usage de liquides colorés, tel que le tournesol qui bleuit dans les liquides alcalins et devient rouge lorsque une trace d'acide est en excès. Mais le tournesol n'est pas assez sensible pour des traces de chaux, et de plus, sa couleur se distingue mal à la lumière. Aussi l'a-t-on remplacé par la phtaléine qui est incolore dans les liquides acides et devient rouge en présence des alcalis. On verse donc quelques gouttes de phtaléine dans le jus qui se colore immédiatement en rouge. On ajoute alors l'acide, et lorsque le liquide essayé redevient incolore l'opération est terminée.

On se sert également comme indicateur d'acide rosolique qui fait passer le liquide du rouge au jaune clair et qui paraît donner de meilleurs résultats que la phtaléine.

Parfois on colore l'acide lui-même avec l'indicateur de manière que chaque goutte produit sa réaction colorée. Les burettes sont portées par des supports de forme variable et comportent toujours un système d'emplissage rapide qui permet l'affleurement au 0 sans tâtonnement. Parfois, c'est le flacon de réserve de liqueur acide qui sert lui-même de support à la burette, pour simplifier le nombre des objets qui sont sur la table d'analyse (fig. 70).

Ces opérations, étant très simples, sont faciles à exécuter par les ouvriers carbonateurs auxquels on indique le point auquel ils doivent s'arrêter.

La carbonatation est devenue dès lors une opération régulière et scientifique, tandis qu'au début, on se fiait à l'œil de l'ouvrier pour en déterminer la fin.

Analyse des écumes.

Le jus carbonaté est passé aux filtres-presses, et les écumes ne doivent plus contenir que des traces de sucre. On les analyse aussi. A cet effet on pèse un poids d'écume, on le lave avec de l'eau bouillante plusieurs fois, et cette eau filtrée, carbonatée, mesurée et passée au saccharimètre indique la teneur en sucre de ces écumes. Là, comme pour les cossettes et les petites eaux, on ne

peut espérer retirer tout le sucre perdu, parce que l'on devrait laver à outrance les écumes, et les frais de traitement de ces liquides supplémentaires coûteraient plus cher que le sucre perdu.

Analyse des masses cuites.

Les jus carbonatés sont évaporés et cuits en grain. La masse cuite contenant en définitive tout le sucre de la betterave, moins les pertes, son analyse est une indication précieuse pour se rendre compte du bon travail de l'usine.

Sauf dans le cas des bacs Schutzenbach, on ne peut pas peser la cuite. C'est un malheur, car possédant le poids et la teneur en sucre, on aurait la donnée exacte du travail.

Les grands bacs réfrigérants ne pouvant pas être pesés, on se contente de mesurer la quantité de masse qu'ils contiennent, de prendre la densité de cette masse par le poids d'un volume déterminé, et on en déduit le poids total. Ce poids est toujours entaché d'erreur. Mais dans une usine où l'opération est faite sans cesse, on finit par corriger à peu près ces erreurs et par se rendre suffisamment compte de ce que pèse chaque coulée.

L'analyse de la masse ne présente, d'ailleurs, aucune difficulté par elle-même. Il faut d'abord en prélever un échantillon moyen, ce qui n'est pas encore fort commode et présente aussi une foule de causes d'erreur.

Ensuite on en pèse le poids normal, le dissout dans l'eau et passe au saccharimètre.

On dose aussi l'eau, le glucose s'il y en a, et enfin on en calcine une certaine quantité pour faire le poids des cendres. Nous reviendrons sur cette calcination à propos de l'analyse des sucres.

Enfin, on en dissout encore une certaine quantité dans l'eau pour doser l'alcalinité.

Avec ces données, on établit non seulement la quantité de sucre extrait de la betterave, mais aussi la qualité de celle-ci, et le bon travail de l'usine.

Quand les betteraves sont bonnes, la cuite est belle et le rapport du sucre aux sels contenus dans la masse est élevé. Ce rapport s'appelle *coefficient salin* et varie dans les environs du chiffre 20. Au-dessus, les masses cuites sont bonnes. Au-dessous, jusqu'à 16, elles sont moyennes. Moins de 16 caractérise une mauvaise betterave très chargée en sels.

Ce coefficient est donc un indice pour le fabricant des précautions qu'il doit prendre pour essayer de relever la qualité de ses masses cuites, condition indispensable sans laquelle il obtiendra un faible rendement et beaucoup de mélasses.

Analyse des égouts de turbinage.

Le sucre que l'on extrait à la turbine en premier jet laisse écouler des égouts qui sont de nature différente au commencement et à la fin du turbinage. Les premiers

sont très impurs, les derniers, au contraire, provenant du clairçage, sont parfois très purs.

Si l'on veut faire un travail normal et économique, on analyse ces égoûts, et ceux dont la pureté est suffisante sont renvoyés à la cuite de premier jet, tandis que les autres sont cuits en second jet. Nous verrons plus loin ce qu'on nomme pureté des liquides sucrés.

Les égouts de second jet sont presque toujours suffisamment riches en sucre et pauvres en sels pour être recuits encore. C'est le cas où l'on se trouve quand les rendements en sucre de premier et second jet ne sont pas très élevés.

Avec de bons rendements aux deux premiers turbinages, ces égouts de second jet sont suffisamment pauvres pour être vendus comme mélasse.

L'analyse l'indique d'ailleurs. Le coefficient salin de la mélasse étant 5 environ, quand on se rapproche de ce chiffre il y a peu de chance d'obtenir du sucre cristallisé en troisième jet.

Analyse des sucres.

Les sucres, quelle que soit leur nature, s'analysent tous de même manière. On y dose le sucre, l'incristallisable, les cendres et l'eau.

Le sucre se dose en pesant 1619 centigrammes de l'échantillon, que l'on introduit dans une fiole de 100 centimètres cubes. On dissout dans l'eau en ne remplissant la fiole qu'aux trois quarts, on y ajoute un

peu de sous-acétate de plomb, on affleure au point 100, on filtre et on passe au saccharimètre.

Les sucres de premier jet blancs contiennent 98 pour 100 de saccharose environ, quelquefois 99 quand ils sont bien secs.

Les sucres jaunes de premier jet marquent 96 et en second jet 88 à 90 en moyenne. Les troisièmes jets sont plus noirs et sont au-dessous de 80 pour 100, suivant la provenance. D'ailleurs ces chiffres n'ont rien de constant, c'est au turbinage que l'on fait varier la teneur en sucre, en clairçant plus ou moins, selon les besoins du commerce.

Dans le liquide filtré on dose également le glucose ou incristallisable, comme nous l'avons indiqué précédemment, au moyen de la liqueur de Fehling.

Les cendres et l'eau s'obtiennent d'une même opération. Dans une capsule de platine on pèse 4 grammes du sucre. On les met à l'étuve à 105 degrés pendant une heure, puis on pèse de nouveau. La différence donne l'eau.

Ce sucre desséché est ensuite arrosé avec de l'acide sulfurique pur et concentré. Il se fait une réaction vive qui décompose le sucre en matière noire, et tous les sels volatils, chlorures et nitrates, sont transformés en sulfate. On met dans cet état la capsule à la moufle, en ayant soin d'éviter les projections. La moufle doit être chauffée au rouge cerise, de manière à ne pas fondre les cendres. Au bout de vingt-cinq à trente minutes, tout le charbon est brûlé, il ne reste dans la capsule

qu'une cendre blanche très légère que l'on pèse. Ce poids représente les *cendres sulfuriques* de 4 grammes. Pour tenir compte de la transformation des chlorures et nitrates en sulfates, on retranche un dixième du chiffre trouvé, et ce nombre définitif multiplié par 25 donne le poids des cendres pour 100 grammes.

Le rendement des sucres au raffinage est le terme commercial employé pour les achats. Comme les seuls acheteurs de sucre sont les raffineurs, on a établi que l'impôt se prélèverait, non sur le sucre brut, mais sur le rendement que doit donner ce sucre en raffinerie. Aussi les raffineurs n'achètent-ils le sucre que sur les mêmes bases.

On a admis, à cet effet, que 1 kilogramme de cendres dans les sucres empêche de cristalliser 4 kilogrammes de sucre. De même 1 kilogramme de glucose en retient 2 de sucre dans les mélasses. Alors on retranche du titre saccharimétrique quatre fois les cendres et deux fois le glucose, et c'est cette différence qui établit le rendement.

Ainsi un sucre titrant 95 degrés au saccharimètre, contenant 5 décigrammes de glucose et $1^{gr},5$ de cendre, aurait pour rendement au raffinage :

$$95 - 0,5 \times 2 - 1,5 \times 4 = 88^{\circ}$$

C'est sur ce chiffre 88 que se baserait l'impôt et l'achat de ce sucre titrant 95 degrés au saccharimètre. Le talent du raffineur est alors d'extraire plus de 88 de sucre blanc du sac qu'il achète, et comme il y parvient sans peine, il gagne toute la différence.

Analyse des mélasses.

La mélasse est le résidu de la fabrication du sucre. Elle contient toutes les impuretés de la betterave et de tous les ingrédients qui ont servi à la travailler, tels que la chaux et l'eau qui y laissent leurs sels solubles. C'est donc un produit très complexe organique et minéral, fortement coloré, gluant et d'odeur fade et très mauvais au goûter.

L'analyse en est pénible, car si l'on veut la dissoudre dans l'eau, on obtient un liquide noir, difficile à décolorer et demandant des soins particuliers. Et cependant cette analyse est indispensable, car la mélasse contient en moyenne 50 pour 100 de sucre, et c'est à la richesse qu'on la vend au distillateur, et c'est d'après sa nature que le distillateur doit se guider dans sa fabrication.

Aussi y a-t-il plusieurs méthodes d'analyse pour les mélasses.

D'abord le saccharimètre. On pèse deux fois le poids normal de mélasse 32gr,38, que l'on introduit dans une fiole de 200 avec moitié d'eau. On est obligé de chauffer légèrement pour que la dissolution soit complète. Après refroidissement, on défèque à saturation par le sous-acétate et l'on affleure à 200, et l'on filtre.

Si le liquide est trop coloré, on prélève une certaine quantité de ce liquide que l'on traite par du noir animal

en poudre fine, spécialement préparé à cet usage, qui a été traité par les acides et les alcalis et qui est très décolorant ; on y ajoute un peu de poudre de zinc, on agite et l'on filtre. Le liquide doit être alors suffisant pour l'observation saccharimétrique.

D'autre part, sur le même liquide, on dose le glucose par la liqueur de Fehling.

Les indications du saccharimètre ne sont pas toujours exactes, parce que l'incristallisable peut avoir un pouvoir rotatoire propre. Aussi l'analyse simple que nous venons de décrire ne suffit-elle pas pour le commerce.

On emploie dans ce cas la méthode Clerget.

On polarise comme ci-dessus, on dose de même le glucose. Puis on prélève 50 centimètres cubes du liquide filtré, on y ajoute 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique fumant, en faisant usage à cet effet d'une fiole jaugée à 50 et 55, et l'on chauffe doucement au bain-marie, en suivant les prescriptions décrites par Clerget. Tout le sucre est interverti de la sorte. On refroidit.

On passe alors le liquide au saccharimètre, dans un tube spécial en verre de 22 centimètres de longueur. La rotation qui était droite avant l'inversion devient gauche. En se servant de la formule :

$$\frac{100\ S}{144 - 0{,}5\ t}$$

dans laquelle S est la somme des polarisations avant et après l'inversion et t la température au moment de la

lecture gauche, on a un chiffre qui représente le sucre cristallisable contenu dans la mélasse.

La méthode Clerget a d'ailleurs donné lieu à de nombreuses polémiques sur la valeur du sucre trouvé par la formule. Mais comme c'est celle usitée dans le commerce, on la conserve.

La mélasse ne contient pas que du sucre et du glucose. Elle renferme encore d'autres sucres, comme la *raffinose*, qui ont un pouvoir rotatoire droit beaucoup plus considérable que le sucre et fausse les indications. Aussi, a-t-on recherché, aussi bien pour les sucres que pour les mélasses, le dosage de cette raffinose. On y arrive en combinant l'analyse par le saccharimètre avec celle par les liqueurs cuivriques.

Enfin, la méthode utilisée par les distillateurs pour reconnaître la quantité de sucre contenue dans la mélasse est la fermentation. A cet effet, on fait fermenter la mélasse mise en expérience au moyen de levure de bière, en prenant toutes les précautions préalables pour cette opération, soit dissolution dans l'eau au degré voulu, acidification sulfurique, température, etc. Puis on distille tout ou partie du liquide fermenté, et, d'après le volume de l'alcool recueilli, on déduit le poids de matière sucrée qui a servi à le produire. 100 kilogrammes de sucre fournissant 60 litres d'alcool absolu, une simple proportion donne la teneur en sucre de la mélasse.

Pour n'avoir pas de correction à faire et s'assurer du rendement exact dans les conditions d'expérience,

à la densité à laquelle on opère, avec la levure employée et l'acidité entretenue dans le liquide, on fait ordinairement une fermentation de sucre pur dans les mêmes conditions et parallèlement à celle de la mélasse. La comparaison entre les deux résultats donne la teneur en sucre.

Ce mode opératoire a l'avantage de pouvoir traiter la mélasse au laboratoire dans les mêmes conditions qu'à l'usine, et de s'assurer du rendement industriel que l'on obtiendrait dans ces conditions avec du sucre pur.

Faire de l'industrie au laboratoire est toujours le meilleur moyen d'avoir des renseignements plus utiles que par l'analyse chimique la plus minutieuse

Pureté des liquides sucrés.

Dans tout ce qui précède nous avons parlé de coefficient salin, pureté et autres termes définissant la qualité des liquides sucrés. Tous ces termes sont conventionnels; ils n'expriment que des rapports auxquels on s'est rallié pour comparer les différents liquides et qui sont passés petit à petit dans la pratique, quoiqu'ils ne disent rien de bien précis par eux-mêmes.

Il est néanmoins nécessaire de savoir quels sont ces rapports et leur dénomination.

Dans l'analyse d'un liquide sucré, on considère toujours sa densité et la quantité de sucre pur à laquelle correspond cette densité. C'est le degré Brix ou Balling

de ce liquide. Des tables (page 318) donnent ce degré Brix que l'on dénomme le *Brix du jus*.

On dose alors le sucre par le saccharimètre. La différence entre le Brix et la polarisation donne ce que l'on appelle le *non-sucre* qui représente en sucre les matières organiques du liquide ainsi que les sels dissous.

On dose aussi le glucose, les cendres et l'eau.

Entre tous les nombres donnés par ces diférentes analyses existent alors les termes conventionnels suivants :

Le *non-sucre*, c'est le Brix diminué du sucre.

Les *matières organiques*, c'est le non-sucre diminué des cendres. Mais comme ces matières organiques n'ont pas la même densité que le sucre, on affecte le chiffre trouvé du coefficient 0,8.

La *pureté*, c'est le rapport du sucre au Brix rapporté à 100 de substances totales dissoutes :

$$\text{Pureté} = \frac{\text{sucre} \times 100}{\text{Brix}}$$

Le *coefficient salin*, c'est le rapport du sucre aux cendres.

Le *coefficient organique*, c'est le rapport du sucre aux matières organiques.

Enfin, la *valeur proportionnelle*, c'est le produit du sucre par le degré de pureté rapporté à l'unité, donc,

$$\text{Sucre} \times \frac{\text{degré de pureté}}{100}$$

Dès l'instant que ces appellations conventionnelles sont entrées dans la pratique, il est bon de les connaître; c'est pourquoi nous les réunissons toutes ici. La plupart ne signifient rien par elles-mêmes, mais ce sont des termes de comparaison fort utiles, créés pour les besoins de la fabrication et qui permettent de comparer le travail soit d'une usine à l'autre, soit de phases différentes de fabrication dans la même usine; aussi rendent-ils de grands services.

Conclusion.

Nous venons de passer en revue tout le travail de sucrerie, de betterave, tant au point de vue pratique de l'usine qu'à celui plus abstrait du laboratoire.

Une usine sans laboratoire, c'est un corps sans âme aujourd'hui. Car, autrefois, le prix du sucre était tellement élevé que, bon au mauvais, le travail rapportait toujours suffisamment aux propriétaires.

Aujourd'hui, il n'en est plus de même. On doit bien travailler, tant aux champs qu'à l'usine, pour arriver à gagner quelque argent en sucrerie, car les prix du sucre ne sont plus guère rémunérateurs que pour les habiles.

Il faut donc être habile, et pour cela munir les usines de tous les perfectionnements modernes, et, ainsi, conduire le travail scientifiquement. Le fabricant doit être à la fois cultivateur, usinier et chimiste, ou au moins être assez intelligent pour réunir dans son admi-

nistration des hommes capables dans toutes ces parties.

Il faut être, en définitive, bon administrateur et quelque peu commerçant. Je dis quelque peu, car il ne faut pas l'être trop. Le fabricant doit vendre son sucre dans les meilleures conditions possibles, mais s'il spécule il risque fort de se tromper, car il n'est pas le maître du marché, et il ne peut même en prévoir les fluctuations. Car le marché du sucre n'est pas l'œuvre de la production, malheureusement ; il est entre les mains des gros spéculateurs, peu nombreux mais puissants, qui font la hausse et la baisse en dehors de toute prévision possible. Par conséquent le fabricant ne peut être en même temps spéculateur. Il doit vendre son sucre le plus cher possible, c'est son droit et son devoir, ne vendre que quand les cours sont rémunérateurs, quand il le peut, mais ne pas attendre indéfiniment des jours meilleurs. Les fabricants qui vendent au fur et à mesure de la production sont presque toujours ceux qui font les meilleures affaires.

Nous terminons ainsi la fabrication du sucre de betterave.

Nous allons dire quelques mots de la fabrication du sucre de canne et du raffinage. Le raffinage a peu d'importance au point de vue de la fabrication, car nos beaux sucres de premier jet sont aussi riches que des raffinés. Mais cette industrie acquiert une grande importance par l'immense quantité de sucre qu'elle met en œuvre et par l'immense fortune que représentent ces quantités de sucre.

Néanmoins, au point de vue du travail général, la raffinerie ne peut entrer comme intérêt industriel en comparaison avec la sucrerie de betterave ou de canne, car elle ne tient debout que par suite des lois fiscales qui lui permettent de vivre, le raffinage en fabrique s'imposant comme condition normale de l'industrie sucrière. Le fisc, les lois prohibitives sont les seuls fautifs si le fabricant ne peut raffiner lui-même son sucre. C'est pourquoi nous sommes obligés de consacrer un chapitre spécial au raffinage qui devrait venir tout naturellement à la suite de la sucrerie.

II

LA CANNE A SUCRE

La canne à sucre (fig. 71) est une graminée de grande dimension dont la sève contient jusqu'à 18 et 20 pour 100 de sucre dans les pays très favorables à sa culture. Dans d'autres, comme la Louisiane, le jus de canne ne contient pas plus de 15 pour 100 de sucre, à peu près comme la betterave.

La texture de la canne est celle des graminées : enveloppe coriace, intérieur composé de vaisseaux peu rapprochés formant une masse spongieuse au sein de laquelle circule la sève sucrée, nœuds à toutes les naissances de feuilles, excessivement durs à la base; tête feuillue portant la fleur quand le moment de la maturité approche.

La canne, à chaque nœud, porte un œil capable de reproduire une nouvelle plante lorsqu'elle est enterrée. C'est de cette propriété que l'on profite pour la reproduction de l'espèce; car la canne, dans les conditions

Fig. 71. — Cannes à sucre (Georges Ville).

ordinaires ne porte pas fruit, et sa reproduction par graine ne peut se faire. En effet, la canne à sucre est un produit de culture et non une plante sauvage. La canne sauvage est beaucoup moins sucrée et beaucoup moins grande. Celle-là se reproduit par graines. Aussi essaie-t-on à l'heure actuelle de régénérer la canne par semis d'espèces sauvages, mais on n'en est encore qu'à la période d'essai.

CULTURE

De ce qui précède, nous voyons que la culture de la canne ne se présente pas sous le même aspect que celle des graminées ordinaires, puisqu'elle se fait par boutures.

Au moment où la canne est mûre, on la coupe en pied pour en extraire le sucre. Mais avant de la porter au moulin, on lui coupe la tête feuillue, et c'est des nœuds qui restent sur cette partie de la plante que l'on se sert généralement comme bouture. C'est une mauvaise méthode qui pousse à la dégénérescence, car il est prouvé que les parties mûres de la canne donnent de bien plus belles pousses que les nœuds de tête encore mal formés par manque de maturité. La question d'économie qui pousse à opérer ainsi est mal comprise. Il vaut mieux garder un champ pour boutures que d'employer des parties de canne trop faibles pour une reproduction bien saine.

La bouture est mise en terre au fond de sillons profonds de 15 à 20 centimètres, espèces de petites fosses

creusées parallèlement dans les champs en culture. On les place à la main non pas horizontalement, mais en relevant l'une des extrémités à 45 degrés environ. Puis on recouvre de terre meuble. On choisit pour la plantation un temps humide qui permette à la pousse de germer rapidement.

La canne demande un terrain bien engraissé, mais la plupart du temps les habitants négligent les pratiques les plus élémentaires de l'agriculture, et les champs mal préparés et sans engrais ne donnent que des récoltes médiocres. C'est ce qui se passe avec nos cultures de céréales dont le rendement est pour ainsi dire proportionnel aux soins qu'on leur donne, la canne réclamant les mêmes préparations du sol que le blé.

Dans certains pays très chauds et sans pluie, la canne ne peut pousser qu'en faisant intervenir un système d'irrigation bien agencé. En Égypte, par exemple, on n'arrive à faire du sucre dans certaines contrées qu'au moyen de canaux d'irrigation que des pompes alimentent sans cesse avec l'eau du Nil.

Lorsque la canne est plantée, chaque bouture fournit une touffe de cannes, et les champs, après plusieurs sarclages, se couvrent d'une épaisse forêt dont chaque tige atteint de 2 à 4 mètres de haut.

Après que l'on a coupé la canne, les boutures restent en terre. Mais elles sont encore vivaces, et trois ans de suite peuvent donner une récolte abondante. Donc les frais de plants sont faits au moins pour trois ans, et même parfois davantage ; par conséquent le planteur

doit mettre tous ses soins à cette partie du travail qui est primordiale pour obtenir de bonnes récoltes, assuré qu'il est, si cette première opération est bien faite, d'une longue suite de profits. C'est pourquoi le choix du plant est si nécessaire.

Si la canne poussait dans nos contrées, nos cultivateurs actifs et ingénieux en tireraient assurément des profits énormes. Mais c'est au pays du soleil que fleurit cette plante et l'activité de l'homme décroît vite avec la température, l'énergie s'émousse sous le soleil de plomb des tropiques. Aussi les sucreries de canne ne se développent-elles pas avec l'endurance des sucreries de betterave qui luttent sans cesse contre les éléments et contre les législateurs ses pires ennemis. Si l'Européen s'emparait de la culture de la canne, ce serait fini de la betterave qui demande trop de soins assidus, tandis que la canne pousse toute seule.

FABRICATION DU SUCRE

Extraction et travail du jus.

Quand la canne est arrivée à son entier développement, on la coupe en pied avec de forts couteaux, on enlève la flèche avec les nœuds immédiatement au-dessous, parce que cette partie comme le collet de la betterave est plus impure que le reste, on enlève aussi les feuilles, qui restent sur le champ, et toutes ces cannes ainsi préparées sont portées à l'usine. La canne

est fort encombrante. Il faut donc de très vastes espaces autour des sucreries pour la recevoir.

On procède ensuite à l'extraction du jus sucré qui dégorge de ses vaisseaux. Deux moyens se présentent. L'un connu de toute antiquité, par pression sous des moulins, espèces de laminoirs puissants qui les écrasent et laissent couler le liquide sous leur forte pression capable de briser les nœuds si durs de la canne. L'autre, essentiellement moderne, est la diffusion.

Les **moulins à canne** n'étaient autrefois que deux cylindres de bois verticaux, cannelés, mus par un manège à cheval, entre lesquels on passait les cannes.

La mécanique moderne a remplacé cet appareil rudimentaire par de fortes machines mues par la vapeur dont les cylindres de fonte extraient beaucoup plus de jus que les moulins primitifs.

De plus, on a adjoint aux moulins des appareils qui permettent de laisser encore moins de sucre dans la canne. En effet le centre est spongieux, et chacun sait qu'en pressant une éponge, celle-ci reboit à nouveau une partie du liquide que l'on était prêt à en faire sortir si la pression eût été plus forte. Alors on a imaginé d'imbiber d'eau la canne pressée et de lui faire subir une seconde pression, donnant ainsi à nouveau un liquide sucré plus étendu mais non moins rémunérateur.

On a même fait plus. Des appareils ont été inventés sous le nom de *défibreurs*, qui déchiquettent la canne en fibres plus faciles à mouiller et presser et donnant encore plus de jus.

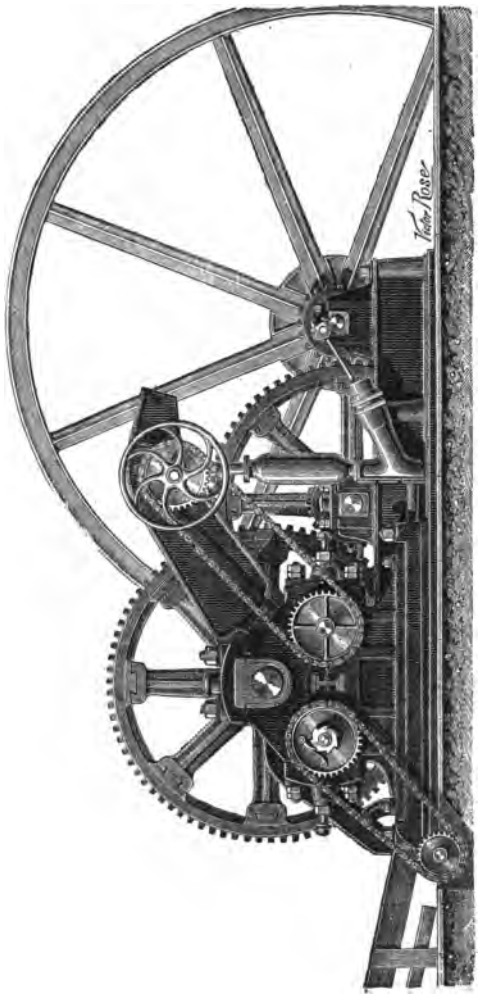


FIG. 72. — Moulin à cannes (Etablissements Cail).]

L'entraîneur à canne et l'entraîneur à bagasse sont mis en mouvement par le moulin lui-même, de telle sorte que, s'il s'arrête, l'alimentation s'arrête aussi.

Les dimensions des moulins sont très variables. On en fait de forts petits. Mais les grands moulins ordinaires ont des cylindres de 80 centimètres de diamètre et 1^{m},50 de long, écrasant 250.000 à 300.000 kilogrammes de canne par vingt-quatre heures. Les cylindres font deux tours par minute.

La bagasse en sortant du moulin contient encore 25 à 30 pour 100 de jus. Nous avons dit qu'on la mouille et l'écrase de nouveau. A cet effet l'entraîneur à bagasse passe dans le fond d'un bac plat rempli d'eau (fig. 74) et remonte cette bagasse mouillée sous un nouveau moulin, composé souvent seulement de deux rolls superposés, et parfois sous un moulin semblable au premier. On a mouillé jusqu'à deux fois la bagasse pour laisser le moins de sucre possible.

Le **défibreur** que l'on a employé parfois, comme le défibreur Faure, est un moulin dont les cylindres sont cannelés et tournent à des vitesses différentes. La canne est hachée sous ces efforts en sens inverse, et plus facile alors à presser et à mouiller.

Un nouveau défibreur, inventé par M. Bazé, consiste en bras d'acier passant entre les barreaux d'une grille résistante, de telle façon que la canne qui se présente sous ses bras est hachée menu tout en conservant des fibres assez longues pour donner un bon pressage et un mouillage facile.

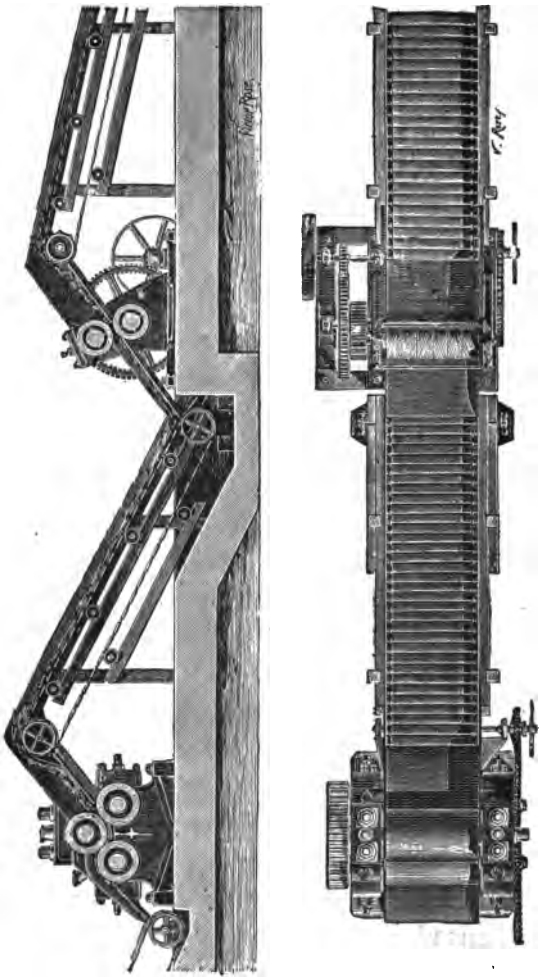


FIG. 74. — Moulin à cannes avec repassage (Etablissements Cail).

La **bagasse** finale sert à chauffer les générateurs dans lesquels elle brûle comme de la paille quand elle est bien sèche. Or, cette dessiccation de la bagasse n'est pas toujours facile.

Dans les pays très chauds où il ne pleut pas, il suffit de l'étendre sur un champ et le soleil a vite fait son office. Mais dans les pays comme la Louisiane où le climat est pluvieux et le soleil parfois absent, on en est réduit à conserver la bagasse sous des hangars, ce qui est dangereux à cause de l'échauffement qu'elle subit et qui peut provoquer des incendies, et enfin ce qui est fort coûteux, vu l'énorme volume que représente la bagasse de quelques jours de fabrication. Sinon, on en est réduit à brûler la bagasse humide après une pression énergique sous le dernier moulin, et cette bagasse humide ne brûle qu'à condition de s'être desséchée dans le foyer même, grâce à des dispositions spéciales qui l'exposent à la chaleur de la flamme avant d'entrer en combustion. Mais un tel combustible donne peu de vapeur. Néanmoins, comme c'est le seul moyen de s'en débarrasser utilement, on est bien forcé d'en passer par là, et de tirer le meilleur parti possible des calories utiles développées par elle sous les générateurs.

Les foyers à brûler la bagasse humide sont fort nombreux. Mais, comme nous le verrons plus loin, bien autre est la difficulté avec la bagasse de diffusion.

La **diffusion** à été appliquée à la canne à la suite des succès obtenus avec la diffusion de la betterave.

Une batterie de diffusion de canne ressemble entiè-

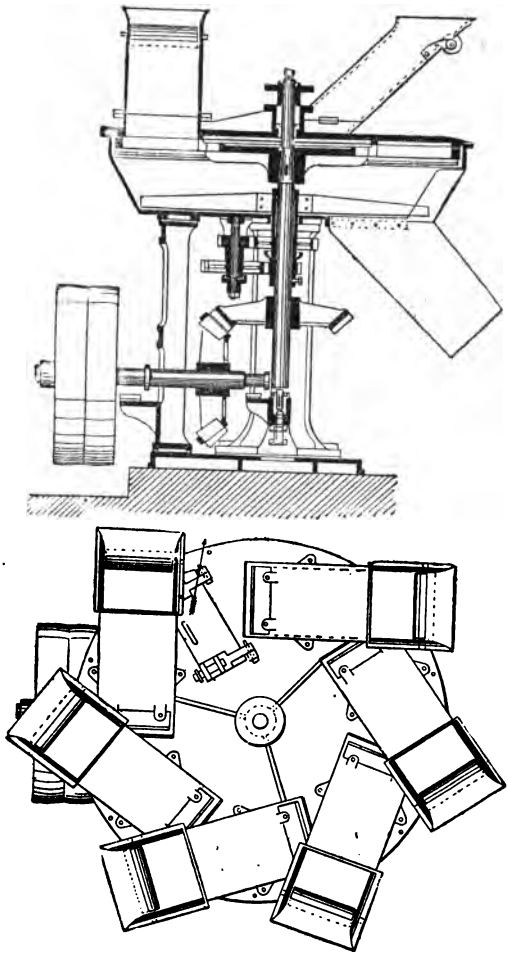


Fig. 75. — Coupe-cannes.

rement à celle de la betterave. La seule différence consiste dans la forme des diffuseurs (fig. 76) qui doivent

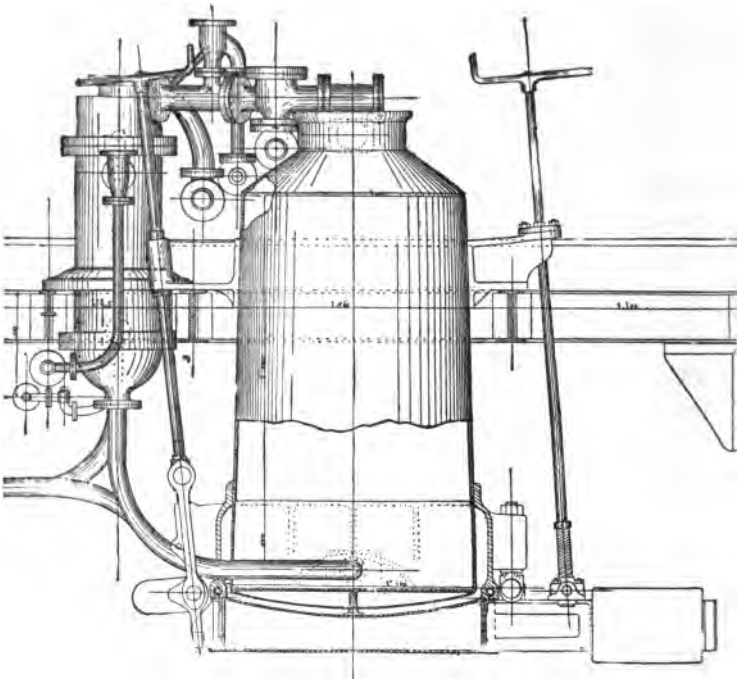


Fig. 76. — Diffuseur pour la canne.

être tronconiques, la grande base en bas, pour pouvoir se vider, la porte de vidange occupant tout le fond.

La grosse difficulté fut de trouver un coupe-cannes (fig. 75). Celui qu'on emploie généralement se compose

d'un plateau tournant comme pour la betterave, mais les couteaux sont de simples lames coupantes. Au-dessus du plateau tournant se trouvent six trémies de forme particulière et telle que la canne que l'on y introduit se présente en face des couteaux sous un certain angle. La canne est coupée en sifflet et non perpendiculairement à l'axe. On obtient ainsi des rondelles ou rouelles allongées, coupées fort net et qui tombent dans les diffuseurs comme la cossette de betterave.

Les diffuseurs sont chauffés beaucoup plus fort que dans nos batteries d'Europe, et la diffusion s'opère dans des conditions tout à fait faciles, car ce n'est pas une diffusion réelle, c'est un lavage des rouelles qui abandonnent immédiatement leur jus sucré.

100 de canne donnent 98 à 110 de jus, selon l'habileté du fabricant et la qualité de la canne.

Défécation.

Le jus de canne des moulins est un liquide jaune paille qui s'altère très rapidement en prenant une teinte noirâtre. La fermentation se met très vite dans ces jus qui ont besoin d'être travaillés très rapidement.

Or les chefs de fabrication, que l'on appelle là-bas des maîtres-à-sucre, voyant ce liquide noirâtre faire assez rapidement un *chapeau* à la surface, c'est-à-dire une espèce d'écume entraînant toutes les impuretés du jus au-dessus du liquide, ont l'habitude de laisser ce chapeau se former croyant à une épuration naturelle du

jus, tandis que ce n'est que la fermentation qui commence ! Et cette fermentation est accompagnée d'une formation considérable de glucose aux dépens du sucre. Cette habitude est donc déplorable. D'ailleurs en sucrerie de canne on trouve à chaque pas des réformes à faire dues à l'ignorance complète des fabricants. Il n'y a pas longtemps que les chimistes se sont introduits dans ces pays ensoleillés où la médiocrité règne en maîtresse sur la nullité industrielle complète des habitants, et c'est avec des efforts infinis qu'ils sont parvenus à se faire une place en combattant la routine des maîtres à sucre. Ces efforts ont déjà amené des résultats remarquables sur les habitations où l'on a bien voulu les recevoir ; les rendements ont augmenté en proportions considérables, et, malgré cet exemple qui frappe les yeux les plus aveugles, combien peu nombreux sont les propriétaires qui le suivent !

Aussi dans ce que nous allons décrire ne parlerons-nous plus des extravagances des sucreries dirigées par les maîtres-à-sucre indigènes, ne nous attachant qu'au travail vrai et scientifique que l'on doit suivre dans la sucrerie de canne.

Donc le jus recueilli aux moulins doit être immédiatement traité.

La première chose à faire est de le porter à l'ébullition. En effet tous les ferments sont détruits avant 100 degrés de température. On supprime donc ainsi toutes les causes de destruction par les ferments.

Mais les jus de canne sont acides naturellement, et

si l'on chauffe un liquide sucré acide, on intervertit du sucre. Donc il faut, tout en faisant bouillir, saturer les acides par un alcali. C'est ce que l'on appelle la *défécation*, cette ébullition ayant d'autres propriétés encore.

Pour déféquer un jus, on le reçoit dans une bassine à double fond, appelée chaudière à déféquer (fig. 77). On fait immédiatement circuler la vapeur dans le double-fond. Le liquide s'échauffe, et quand ilrriv ae à 80 degrés environ on y ajoute 2 à 3 millièmes de chaux à l'état de lait de chaux, et on continue à chauffer.

Le jus de canne contient de l'albumine en abondance, et d'autres principes qui proviennent de la pression des écorces mêlées au tissu vasculaire, comme la cérosie, espèce de matière céreuse particulière à la canne et qu'il importe de séparer.

Le liquide étant saturé par la chaux, et porté à l'ébullition, on voit bientôt une écume se former à sa surface. C'est l'albumine qui se coagule, et qui entraîne dans son réseau la chaux en excès, la cérosie, les matières en suspension, enfin toutes les substances dont il est utile de se débarrasser. Il se forme alors un *chapeau* abondant que l'on enlève avec des écumoires. Mais il ne faut pas chauffer plus longtemps, car la cuve déborderait entièrement, même a-t-on ménagé tout autour une gouttière pour recevoir les mousses qui s'échappent à ce moment.

Lorsque la vapeur est fermée, on laisse déposer. Si l'on prend des échantillons du liquide à ce moment, aux différentes profondeurs, on voit que le centre est tout à

fait limpide, tandis que le fond et la surface sont surchargés de matières en suspension. Alors, au moyen

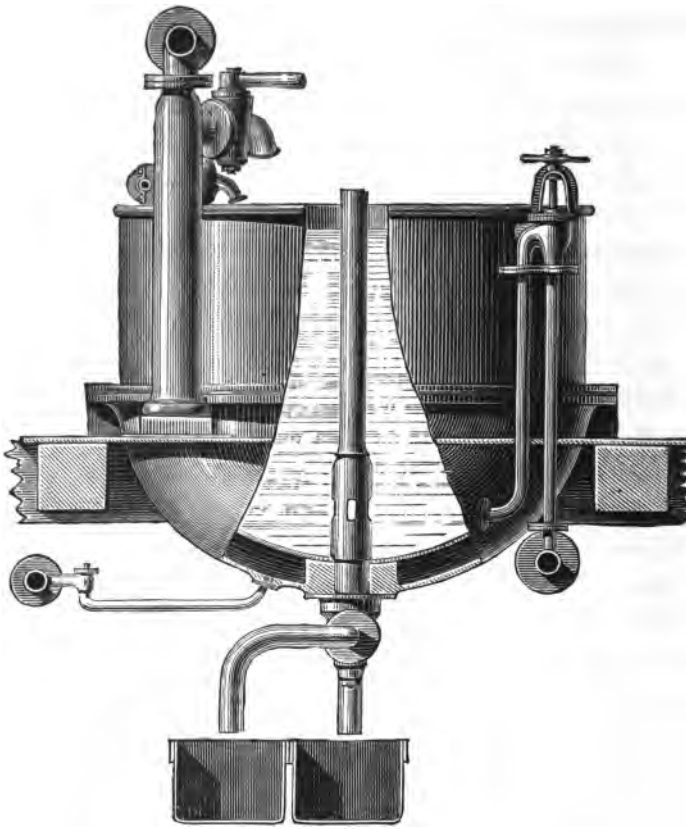


Fig. 77. — Chaudière à déféquer (Etablissements Cail).

d'un tampon à trous disposés à des hauteurs différentes, on écoule tout le liquide clair; puis le fond et la partie

supérieure sont évacués dans des bacs pour être passés aux filtres-presses.

Le liquide clair ainsi que celui qui s'écoule des filtres-presses sont des jus bons pour l'évaporation.

On voit combien simple est le travail des jus de canne qui ne demandent ni carbonatation, ni excès de chaux ; une simple ébullition après saturation suffit.

Le jus de diffusion est beaucoup plus facile encore à travailler, car, tel qu'il sort des diffuseurs, il est presque bon à évaporer. Aussi supprime-t-on parfois la défécation si l'on a soin de traiter le jus de canne dans les diffuseurs même par un déféquant. En tout cas, une légère ébullition avec des traces de chaux suffit.

Quand les jus de canne étaient si mal travaillés qu'ils étaient pleins de glucose et de matières colorantes, on était obligé d'employer une filtration énergique sur le noir animal pour parvenir à les faire cristalliser. Aussi les sucreries contenaient-elles des quantités de filtres à noir, et les habitants mettaient un certain point d'honneur à montrer le luxe de filtres qu'ils possédaient dans leurs usines.

Aujourd'hui, c'est tout le contraire. Une sucrerie qui contient beaucoup de filtres, c'est une usine qui marche mal, car les sucreries modernes n'ont plus de filtres à noir.

Par exemple, les filtres-mécaniques abondent ; les jus au sortir du moulin ou de la diffusion, ceux qui sortent des chaudières à déféquer ou des filtres-presses

sont tous filtrés sur bagasse ou sur toile pour les débarrasser des corps en suspension, les véritables ennemis d'un bon travail.

Évaporation.

Les jus déféqués sont évaporés et cuits.

Ici nous devons parler de l'antique méthode à feu nu qui existe encore dans les anciennes usines.

Les jus sont reçus dans une série de bassines placées toutes à la file sur un même foyer. La première, la plus

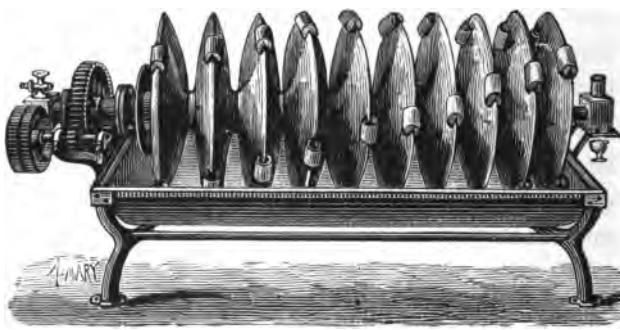


Fig. 78. — Evaporateur (système Chenailler).

vaste, et que l'on appelle pour cela *la grande*, est immédiatement au-dessus du feu. Les autres, qui deviennent de plus en plus petites, sont à la suite; et la dernière de toutes, la plus petite, est auprès de la cheminée au moment où la flamme a le moins de force.

Dans la première on fait couler le jus. De cette première on charge la seconde, de cette seconde on

charge la troisième, puis de la troisième la quatrième. Le jus est donc de plus en plus dense, jusqu'à ce qu'il arrive à la dernière, où il est à l'état de sirop.

Autrefois, ce sirop bien concentré était versé dans des formes à pain de sucre, puis portés dans la salle de cristallisation où il refroidissait et se prenait en masse. Cette masse était alors *terrée*, c'est-à-dire que la surface était couverte d'argile humide; cette humidité s'écoulait dans le pain jusqu'à la pointe, chassant devant elle la mélasse.

Quand on déformait le pain, on enlevait la *patte* couverte de terre, on détachait la pointe remplie de mélasse, et l'on avait un pain plus ou moins jaune qui représentait le produit le plus parfait de la fabrication.

Plus tard, l'évaporation s'est faite à la vapeur à l'air libre. L'appareil le plus perfectionné était la chaudière Wetzell et la chaudière Chenailler (fig. 78). Au milieu d'une bâche remplie de *vesou* ou jus de canne, tournait un axe creux muni sur toute sa longueur de renflements en forme de lentilles. La vapeur circulait dans l'axe, emplissait les lentilles qui émergeaient à moitié du liquide.

Le jus mouillait les lentilles, sans cesse renouvelé par la rotation et par quelques poches fixées à leur pourtour qui se vidaient en arrivant en haut; ce jus s'évaporait en mince épaisseur très rapidement, et arrivait bientôt à l'état de sirop bon à cuire. La cuite alors se faisait dans les chaudières Howard, les premières qui aient fonctionné dans le vide.

Aujourd'hui, l'évaporation se fait à triple et à quadruple-effet, comme en sucrerie de betterave, et le reste du travail ne s'éloigne en rien de celui que nous avons décrit antérieurement, cuite en grains et turbinage, comme pour la betterave.

Sulfitation. — En sucrerie de canne, on emploie beaucoup l'acide sulfureux comme décolorant et déféquant des sirops. Cette sulfitation produit de très bons effets sur la couleur des sucres et aussi sur le rendement.

Mélasses. — Les dernières mélasses de canne sont vendues soit à la distillerie pour la fabrication des tafias, soit à la consommation particulière.

En effet, la mélasse de canne a un goût parfumé qui est des plus agréables, contrairement à ce qui arrive avec la mélasse de betterave.

Les habitants des pays de la canne et même les Anglais, et en général les marins de tous pays, en consomment beaucoup.

Le sucre de canne de second jet est jaune et d'un parfum et d'un goût délicieux, aussi est-il consommé directement à cet état et beaucoup le préfèrent aux sucres blancs de premier jet chez lesquels ce parfum spécial est infiniment moins prononcé.

Telles sont les choses utiles à dire sur la sucrerie de canne dans laquelle le commencement seul du travail diffère de celui de la betterave. Tout le reste est identique, les analyses sont les mêmes, nous n'avons donc pas à nous y arrêter, renvoyant à tout ce que nous avons dit précédemment sur ce chapitre.

Tout le sucre qui n'est pas consommé sur place est acheté par les raffineurs. Le marché des sucres de canne est donc le même que celui de la betterave. Aussi suivent-ils le même cours et les mêmes fluctuations sur le marché.

Nous allons donc maintenant voir la dernière étape des sucres avant la consommation, c'est-à-dire le raffinage.

III

LE RAFFINAGE DES SUCRES

Les raffineurs achètent le sucre sous trois états : sucre blanc, sucre jaune à 88 pour 100 de rendement et sucres bruns impurs. Ils ont ces trois états dans les sucres de betterave et dans les sucres de canne.

Certaines raffineries n'achètent le sucre que sous un seul de ces états. Par exemple les raffineurs Russes ne traitent que des sucres blancs, tandis que certaines raffineries de Hambourg ne se procurent que des sucres noirs impurs des îles Bourbon et autres.

Le but que se proposent ces raffineurs est de ne travailler jamais que sur une matière de même espèce. Ils organisent leur travail en conséquence, ne le changent jamais, en sorte que les ouvriers sachant ce qu'ils ont à faire peuvent opérer les yeux fermés ; ils sont toujours

assurés d'obtenir leur raffiné au même titre en suivant les instructions qu'on leur a données et sur lesquelles ils se guident depuis le commencement jusqu'à la fin de l'année. Par conséquent le raffineur doit chercher à régler son travail d'usine pour un produit de qualité déterminée, de manière que ce travail soit toujours le même et qu'il n'y ait aucune chance d'erreur dans les manipulations. Car il n'y a rien de dangereux dans un établissement comportant un grand nombre d'ouvriers comme de changer sans cesse le mode opératoire ; s'il ne se fait pas d'erreur, il y a au moins des pertes de temps inévitables et coûteuses.

Mais il n'est possible qu'aux petits établissements de traiter toujours la même matière, sauf en Russie où le raffineur, étant le seul acheteur de sucre indigène, a pu faire la loi aux fabriques et exiger d'elles de ne livrer que des sucres extra-blancs.

Nos grandes raffineries de Paris, qui travaillent des quantités colossales de sucre, ne peuvent donc pas choisir et sont forcées de prendre tout ce qui se présente. Elles ont donc dû aviser au moyen de régulariser la qualité du sucre qu'elles livrent à la fonte, pour que, à partir de ce moment, le travail d'usine reste toujours le même.

Aussi les raffineries se composent de deux usines distinctes : celle où l'on échantillonne les sucres pour en faire les mélanges doués d'un rendement déterminé à l'avance, et ensuite la raffinerie proprement dite où l'on fond et travaille ces mélanges.

Magasins. — Les sucres sont achetés en immense quantité et rangés dans de vastes magasins où ils sont classés, sucre de canne d'un côté, sucre de betterave de l'autre. Tous ces sucres sont analysés au point de vue de la teneur en sucre, des cendres et de l'alcalinité ou de l'acidité.

Les sucres de betterave sont alcalins. Les sucres de canne sont acides. On utilisera immédiatement cette double propriété pour obtenir un sucre neutre en mélangeant dans la proportion voulue des sucres de betterave et des sucres de canne.

Puis si l'on a des sucres blancs et des sucres roux de dernier jet et que le travail normal de l'usine soit réglé sur le traitement des sucres titrant 88 degrés au rendement, on mélangera des sucres roux au sucre blanc dans la proportion voulue pour faire du 88 degrés. Tout ceci, qui paraît fort simple, demande cependant une connaissance approfondie des natures des sucres selon leur provenance, mais c'est une question de métier.

Cependant les choses ne sont pas si simples que cela. On a toujours intérêt à refondre des sucres aussi purs que possible, et à relever la moyenne des sucres envoyés au mélange. Les impuretés les plus dangereuses, ce sont les matières salines, et ces matières se trouvent dans la mélasse qui souille les sucres. Si l'on débarrassait les sucres bruts de cette mélasse on aurait des produits à mettre en œuvre contenant beaucoup moins de sels et le rendement au raffinage serait d'autant plus élevé.

Aussi le premier travail que l'on fait subir aux sucres roux au-dessous d'une certaine qualité, c'est de les débarrasser par un turbinage de la mélasse qu'ils contiennent.

Donc le premier atelier que l'on rencontre, quand on entre dans une grande raffinerie, c'est une vaste installation de turbines, d'autant plus importante que l'on tient à relever davantage le degré de pureté des sucres mis en œuvre.

Turbinage. — Le sucre brut, tel qu'il arrive à l'usine est d'abord malaxé, tamisé ensuite si sa nature le permet, et introduit dans des turbines en égalisant la charge autant que possible. Là il est claircé à la vapeur détendue jusqu'à ce que la teinte voulue ait été obtenue par le rejet de la mélasse qui salissait les cristaux.

Quelques raffineries font même toute une industrie de ce turbinage. En effet certains sucres de second jet claircés à l'eau sucrée et à la vapeur deviennent complètement blancs par le turbinage. Alors ce genre de sucre, bien bluté et mélangé avec du bleu d'outremer, est turbiné dans ces conditions assez longtemps pour que les cristaux se soudent l'un à l'autre, puis les pains que l'on retire du panier sont concassés et livrés directement à la consommation sous le nom de *granulés*.

Ce raffinage spécial ne coûte pas cher et rapporte beaucoup, parce que le sucre qu'il produit jouit des mêmes avantages que les raffinés. De plus, les mélasses très riches qu'il fournit donnent par la recuite des sucres

qui passent à la fonte et servent à la fabrication des raffinés ordinaires. En Italie, où les granulés sont de vente facile, plusieurs grands établissements travaillent ainsi, avec d'autant plus de profit d'ailleurs que les sucres paient les droits à la nuance, et qu'il est facile de se procurer des sucres très riches, très colorés et se turbinant très bien. Tous les pays qui paient la douane à la nuance sont dans le même cas.

Dans nos établissements parisiens, les sucres turbinés, ramenés au titre voulu, passent au mélange. Dans une grande trémie on verse les sacs de sucre dans les proportions voulues, blanc, roux, betterave ou canne pour obtenir le type désiré ; tout cela est malaxé et passe à la fonte. Tout ce travail préparatoire est le seul qui demande quelqu'attention de la part du chef de raffinerie. Celui-ci, aidé du laboratoire et de sa connaissance spéciale des sucres de différentes provenances, doit donc établir une surveillance constante sur toutes les opérations qui se produisent dans cette première partie de la fabrication.

Fonte et clarification. — Les sucres sont reçus dans de grandes chaudières soit à double fond, soit à serpentin, munies de malaxeurs. Ils sont additionnés d'eau de manière à former un sirop à 37 ou 39 degrés Baumé. On y ajoute 2 à 4 pour 100 de noir animal pulvérisé, le noir fin des fabriques, 1,5 à 2 pour 100 de sang de bœuf et on chauffe à l'ébullition. On y ajoute encore parfois un peu de baryte caustique qui précipite certaines matières organiques et minérales.

Il se forme un chapeau abondant brisé sans cesse par le malaxeur.

Le tout est alors envoyé sur les filtres Taylor.

Parfois, la clarification se fait dans des chaudières autres que celles où l'on effectue la fonte. Lorsque le mélange de sirop, de sang, de noir et baryte est effectué, ce liquide est refoulé par un monte-jus ou une pompe dans une chaudière close où l'on fait un peu de vide qui provoque l'ébullition et agite le mélange. Bientôt on brise le vide, on élève la température à 105 degrés pour parfaire la coagulation de l'albumine du sang, et enfin on laisse couler sur les filtres.

Filtration. — Le sirop clarifié doit être débarrassé de toutes les matières en suspension qu'il contient, sang coagulé, noir, précipités de toutes sortes. On lui fait alors subir une première filtration dans des sacs en toile appelés filtres Taylor (fig. 34). Ces filtres sont de deux sortes, soit que le liquide arrive à l'intérieur, déposant ses impuretés dans les sacs, soit que ces sacs, maintenus rigides par une garniture intérieure en osier et placés dans des caisses étanches, plongent dans le liquide qui les traverse et s'écoule par en dessus laissant toutes les impuretés dans la caisse.

D'une manière comme de l'autre, le sirop filtré sur les toiles doit être déjà très limpide.

On a proposé, pour remplacer des filtres Taylor, l'emploi des filtres-presses qui réussissent bien si la toile est bien choisie. Mais parfois on est obligé d'ajouter des matières solides en suspension dans le sirop

pour compenser le gluant des boues qui obstruent rapidement les toiles.

Les boues, appelées *noir de raffinerie*, constituent un excellent engrais contenant le phosphate du noir, l'azote du sang, l'acide sulfurique des sels et toutes les autres matières organiques. Aussi sont-elles très recherchées des cultivateurs.

Le sirop est coloré. On le fait passer alors sur de grands filtres à noir animal, jusqu'à ce qu'il soit entièrement incolore. Cette filtration est très dispendieuse, car on emploie des quantités considérables de noir animal qui tient une grande place dans les raffineries.

Cuite. — Le sirop parfaitement clair et limpide est alors cuit en grains dans des chaudières semblables à celles usitées en sucrerie, mais tout en cuivre. La cuite en raffiné ne doit donner que des cristaux fins et réguliers. On cuit généralement chaud, c'est-à-dire avec peu de vide, et rapidement.

Quand l'appareil est plein, que la cuite est terminée, on la coule dans un grand bac en cuivre à double fond pour la réchauffer à la vapeur, et muni à la partie inférieure d'un gros robinet ou d'une vanne de vidange. La cuite est maintenue ainsi, à 80 degrés environ, pendant tout le temps qu'elle reste dans ces réchauffoirs.

Emplis. — Dans un vaste bâtiment se trouvent rangées les formes à pain de sucre, sur des supports en bois qui les alignent régulièrement dans la pièce.

Les formes, dont le profil représente un pain de sucre tel que chacun le connaît, sont en fer, peintes à l'inté-

rieur avec une sorte d'émail, et présentent à la pointe un petit trou que l'on ferme au début avec un bouchon de bois. Toutes ces formes sont placées vides dans les supports, la pointe en bas.

Lorsque la cuite est coulée dans les réchauffoirs, des hommes s'emparent de grands bassins à bec qu'ils portent au moyen de courroies, s'approchent du réchauffoir, ouvrent la vanne et emplissent leurs bassins qu'ils vont ensuite vider dans les formes. Celles-ci sont emplies les unes après les autres de masse cuite chaude.

Ce travail des hommes est remplacé souvent par des machines, composées d'un bac placé sur roues qui chemine au-dessus des formes qu'il emplit par rangées complètes d'une seule fois, et successivement de rangées en rangées.

Les formes ainsi remplies se couvrent de suite d'une couche solide de sucre cristallisé refroidi. Un ouvrier muni d'un grand couteau en bois casse la croûte, mouve fortement la masse pour y répartir les cristaux, jusqu'à ce que le pain ait pris une certaine consistance. Alors on l'abandonne à lui-même. On a soin de maintenir l'empli à une température constante de 30 à 35 degrés et surtout d'éviter les courants d'air.

Les pains une fois pris en masse solide sont portés aux greniers.

Greniers. — Au-dessus de l'empli le bâtiment s'élève à quatre ou cinq étages assez bas de plafond. Ces étages communiquent avec l'empli au moyen de monte-charges ou monte-pains, composés de chaînes munies de

supports où les formes trouvent leur place toute faite.

Dans ces pièces se trouvent les planchers *lits-de-pains*. Ce sont des tables percées de trous de la dimension des formes, au dessous desquelles une seconde table presque à ras du sol est inclinée en forme de gouttière. Les pains amenés par le monte-charges et provenant de l'empli sont placés dans les lits-de-pains, toujours la pointe en bas.

Le pain est déjà pris en masse; cependant cette masse conserve une certaine porosité et de la mélasse qui mouille le grain s'accumule rapidement vers la pointe.

Lorsque l'ouvrier va déposer sa forme dans le lit-de-pain, il ôte au préalable le bouchon et introduit dans le trou une pointe en fer appelée *manille* pour bien le déboucher, et le met alors en place. C'est ce que l'on appelle *primer* les pains.

La mélasse s'écoule sur le plancher inférieur dans une rigole qui récolte le liquide. Cette mélasse porte le nom de *sirop vert*.

Le pain se purge ainsi pendant une semaine.

Il faut alors le *terrer*. Pour cela on commence par lui faire la *patte*, c'est-à-dire que l'on casse la croûte supérieure qui est fort dure, on ajoute même sur cette croûte une espèce de pâte faite avec des déchets de sucre pilé et le pain est prêt pour le terrage.

Autrefois le terrage se faisait en étalant sur la surface du pain une couche de terre glaise humide qui, perdant lentement son eau, faisait un clairçage aux dépens du sucre fondu par cette humidité.

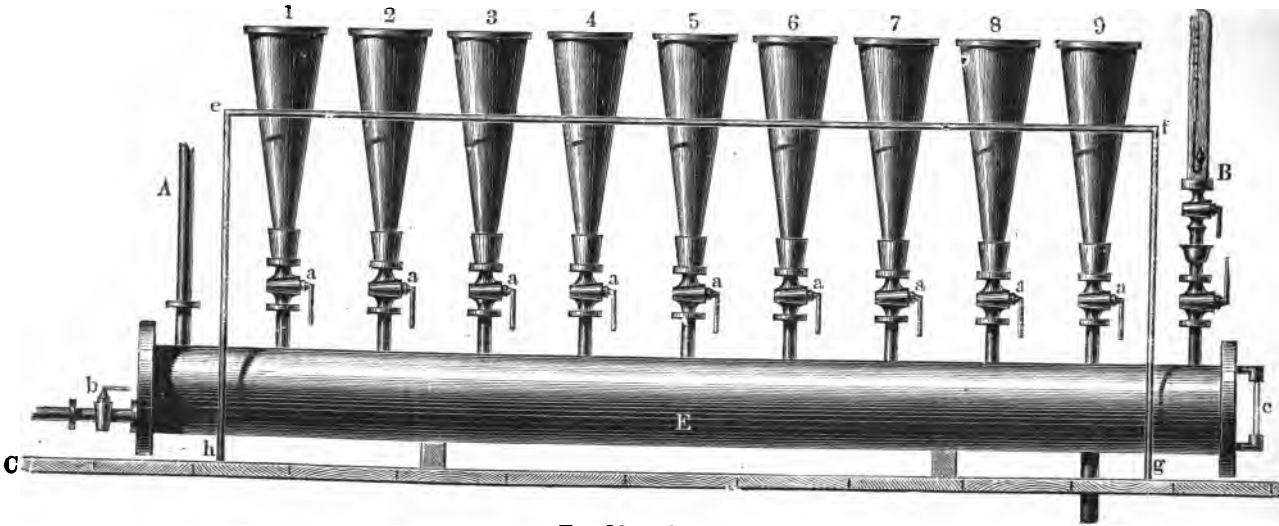


Fig. 79. — Sucettes.

Aujourd'hui on verse sur chaque pain une *clairce*, ou sirop de sucre pur, qui déplace la mélasse restée entre les cristaux. On donne ainsi plusieurs clairces successives.

Sucettes. — Quand le sirop d'égoût sort blanc, on porte les formes sur les *sucettes* (fig. 79). Ce sont des tuyaux munis de tubulures avec garnitures en caoutchouc sur lesquelles on dispose les pains, toujours la pointe en bas. Une pompe fait le vide dans le tuyau, *suce* le sirop et enlève les dernières portions de clairce inutile.

Les pains sont ensuite *planotés*, c'est-à-dire qu'avec un *riflard* on gratte la base du pain pour l'égaliser; puis on les *loche*, opération qui consiste à détacher les pains des formes par quelques chocs donnés extérieurement sur la forme placée horizontalement; puis on pose les pains sur leur base, on retire la forme et on les laisse quelque temps à l'air, en les couvrant d'un capuchon en papier fort pour empêcher qu'ils ne se salissent.

Étuves. — Enfin les pains sont mis à l'étuve, grandes chambres contenant environ 4000 pains et portées à une température croissant graduellement jusqu'à 50 degrés.

Quand l'étuvage est terminé, des ouvriers égalisent à la machine le pied et la tête, et, dernière opération, les pains sont enveloppés de papier, ficelés et sont ainsi prêts pour la vente.

Toutes ces opérations sont longues et demandent un énorme espace d'autant plus que les sirops d'égouttage sont recuits et servent à la confection des sucres de

qualité inférieure auxquels on donne les mêmes façons qu'aux premiers jets.

Sirops verts ou mélasses. — Restent les sirops verts ou mélasses qui doivent être vendus ou traités séparément.

Avec la législation actuelle, on ne vend plus les mélasses, on les travaille pour en extraire encore du sucre.

Longtemps on les a osmosées. Puis on les a traitées par la baryte, abandonnée à cause des difficultés de la régénération du carbonate. On s'est rejeté ensuite sur la strontiane, par des procédés analogues à ceux décrits en sucrerie.

Aujourd'hui, on est en voie d'appliquer le nouveau Steffen à la raffinerie pour supprimer le plus possible la mélasse.

En fin de compte, le déchet de fabrication est très minime, bien inférieur à celui qu'accorde la législation; c'est là le boni de la raffinerie. Aussi les fabricants de sucre ont-ils demandé l'exercice des raffineries, sous le prétexte que ces établissements faisaient des bénéfices à leurs dépens! Mais cette mesure vexatoire n'a amené aucun bon résultat, et les sucriers sont les premiers aujourd'hui à regretter leur exigence.

Toujours la législature qui entrave l'industrie!

Sucres en tablettes. — Il y a un autre mode de raffinage, c'est la fabrication du sucre en tablettes.

En effet, quand on a un pain de sucre rond, il faut le couper en tablettes rondes perpendiculaires à l'axe,

et ensuite le casser en morceaux réguliers pour la vente; tous les morceaux formés par le pourtour sont irréguliers et dépréciés. Pourquoi ne pas faire des

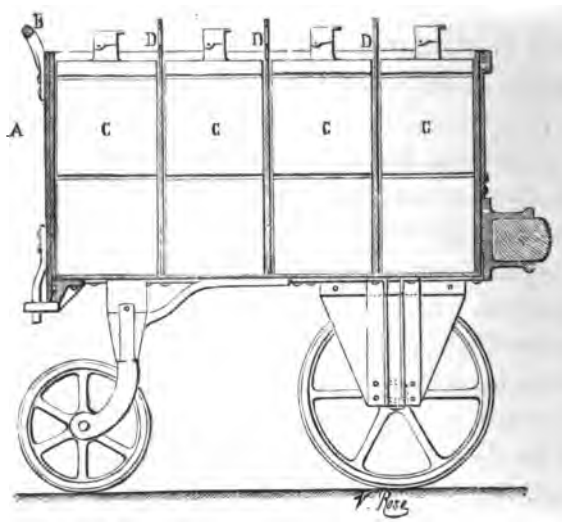


Fig. 80. — Chariot à tablettes.

tablettes quadrangulaires qui ne donneraient que des cubes réguliers sans déchets? C'est pourquoi l'on a cherché à changer la fabrication du pain classique et à la remplacer par celle de tablettes régulières qu'il suffirait de casser parallèlement aux bords.

La fabrication du sucre en tablettes a pris une grande extension. Dans certaines raffineries annexées à des sucreries, on ne fait même que ce genre de sucre.

Le commencement du raffinage est le même. Il ne change qu'après la cuite.

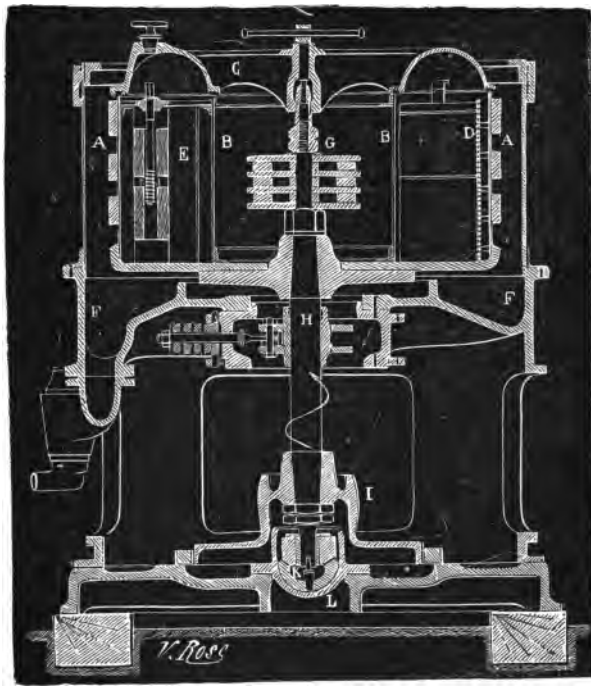


Fig. 81. — Turbine à tablettes.

A ce moment, au lieu de recevoir la masse chaude dans des formes, on la déverse dans des moules (fig. 82) placés sur chariot (fig. 80) que l'on amène directement sous le réchauffoir pour l'emplissage.

Ces moules sont ensuite placés dans des turbines (fig. 81). Ils doivent donc avoir une forme qui permette

de les y mettre facilement. Ils se composent de cadres en tôle étamée (fig. 83), rectangulaires, de 20 centimètres environ, et de la hauteur du tambour de la turbine. Ces cadres sont divisés en compartiments de 25 millimètres environ d'épaisseur par des tôles formant cloison et qui

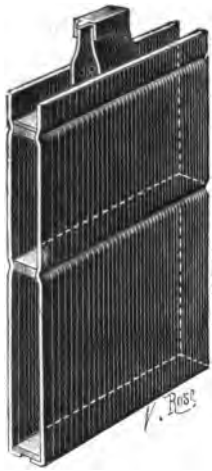


Fig. 82. — Cadre à tablettes.

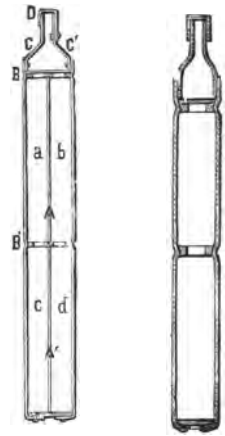


Fig. 83. — Cadre à tablettes.

sont mobiles dans des glissières. Pour emplir ces cadres on en superpose plusieurs l'un sur l'autre, on les maintient solidement ensemble, et on y coule la masse cuite. Enfin on laisse refroidir.

Cela fait, on sépare les cadres, on les fixe solidement dans une turbine disposée à cet effet, et on tourne pendant vingt minutes. La première mélasse, ou sirop vert, s'écoule toute seule sous l'action de la force cen-

trifuge. Puis, au moyen d'un mesureur, on fait entrer au centre de la turbine la quantité de clairce nécessaire pour purger. Au bout de vingt minutes encore, la clairce a pénétré les blocs de sucre. On tourne encore vingt-cinq minutes et l'opération est terminée. On démonte alors les cadres, on retire les tablettes, on les met à l'étuve pendant huit heures environ, enfin on casse les tablettes au moyen de machines spéciales, et l'on met en caisse pour la vente.

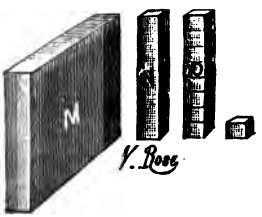


Fig. 84. — Tablettes cassées.

Ce procédé plus ou moins modifié, perfectionné, arrangé par les inventeurs divers, qui ont contribué à le rendre pratique, est très rapide et donne d'excellents résultats. Néanmoins, le pain de sucre donne des sucres plus brillants et plus beaux et conserve toujours sa valeur.

Agglomérés. — Les sucres premier jet en cristaux blancs de nos fabriques sont aussi purs que les raffinés. Pourquoi les refondre? C'est affaire au consommateur qui réclame le morceau de sucre parallélipipédique et ne veut pas entendre parler du sucre en *sable*, si pur qu'il soit!

Aussi a-t-on cherché à agglomérer ces beaux sucres pour les mettre en morceaux.

Le système est simple. On humecte les sables avec un peu de clairce, et on les fait passer dans une machine qui comprime fortement cette masse humide et en fait de petites briques qu'il suffit d'étuver et de casser ensuite. Il existe quelques-unes de ces machines qui marchent fort bien. Mais de tels sucres sont lents à fondre, car les cristaux gros et serrés de sucrerie offrent trop peu de surface pour la fusion dans l'eau.

On a donc imaginé de passer ces sucres sous une meule qui les réduit en poussière, et d'agglomérer ces poussières. Mais ces sucres sont moins blancs.

Toutes ces recherches n'ont pu amener à détrôner le raffiné. Dans tous les pays de sucrerie de betterave on raffine, et chacun de ces pays recherche une dureté ou une porosité différentes pour le sucre qu'il consomme. Le Russe aime le raffiné tellement dur et compact qu'il soit longtemps à fondre comme du candi. En France, on préfère les sucres qui fondent vite dans la tasse ou le verre d'eau.

Les sucres de canne seuls, à cause de leur arome exquis, se consomment directement, et même sont plus estimés quand ils sont jaunes que quand ils sont blancs et sans odeur.

Le goût du consommateur doit être servi avant tout; c'est là le seul guide puissant qui conduise l'industrie dans ses manifestations les plus arides, plaire au public.

En raffinerie, comme en art, c'est là la seule règle pratique pour arriver au succès.

Nous terminons ici cette étude sur la sucrerie. Nous en avons dit assez pour initier ceux qui n'en font pas leur métier à toutes les difficultés que présente cette belle industrie, difficultés d'ordre agricole, chimique, mécanique, fiscal et commercial, et qui demandent la vie d'un homme pour en connaître tous les côtés.

La question des sucres est si souvent mise sur le tapis dans les Chambres de toutes les nations que peut-être un livre comme celui-ci peut avoir son utilité. C'est donc pour être utile que nous l'avons écrit. Puissions-nous avoir réussi !

FIN

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS 5

INTRODUCTION. 7

I. La Betterave 13

CULTURE 13

Nature de la betterave. 13

Engrais 24

Assolements 23

Culture 36

Culture de la graine 39

Rendement 41

FABRICATION DU SUCRE 43

Réception des betteraves à l'usine 43

Travail de la betterave. 48

Extraction du jus 54

Extraction du jus par pression 64

Extraction du jus par diffusion 77

Coupe-racines 86

Batterie de diffusion 96

Presses à cossettes 104

Travail du jus 108

Composition chimique du jus de betterave . . 110

Double carbonatation 116
Travail par la baryte 122
Matériel nécessaire au travail du jus 123
Fabrication du gaz carbonique et de la chaux. 135
Travail des écumes et des jus troubles . . . 142
Filtration 154
Evaporation et cuite du jus 179
Appareils d'évaporation à simple effet dans le vide. 185
Appareils d'évaporation à effets multiples dans le vide 193
Théorie des appareils d'évaporation à effets multiples. 200
Appareils à triple effet 210
Vase de sûreté 215
Condenseurs et pompes à air. 219
Extraction des eaux condensées. 224
Enlèvement des gaz ammoniacaux 226
Tuyauteries diverses 227
Appareils à quadruple effet avec chauffages à effets multiples, système Rillieux 230
Appareils d'évaporation horizontaux 237
Appareils à ruissellement 238
Chaudières à cuire. 240
Bacs d'attente et refroidisseurs Bocquin-Lepchinshy 246
Turbinage 250
Cuite de bas produits 262
Magasin à sucre 265
Mélasse 266
Extraction du sucre de la mélasse 267
Osmose 268
Séparation Steffen 273
Autres procédés. 278
Suppression de la mélasse 280
Cristallisation en mouvement 281
Procédé Steffen. 283

Rendements 287
ANALYSES 293
Sucre de canne ou saccharose 294
Saccharimétrie 300
Saccharimètre Soleil 306
Saccharimètre à pénombre Duboscq 307
Saccharimètre Laurent 310
Dosage du sucre par le saccharimètre. . . . 314
Dosage du sucre par la densimétrie 316
Glucose, lévulose, et sucre interverti 322
Analyse du sucre par inversion. 325
Analyse de la betterave. 327
Méthode Pellet 333
Analyse du jus, des cossettes épuisées et des petites eaux de diffusion 340
Analyse de la chaux. 342
Analyse du gaz carbonique 343
Analyse des jus chaulés 345
Analyse des écumes 347
Analyse des masses cuites 348
Analyse des égouts de turbinage 349
Analyse des sucres 350
Analyse des mélasses 353
Pureté des liquides sucrés. 356
Conclusion 358

II. La Canne à Sucre 361
CULTURE 363
FABRICATION DU SUCRE 365
Extraction et travail du jus. 365
Défécation 375
Evaporation 380
Sulfitation 382
Mélasses 382

III. Le Raffinage des sucres 384
Magasins. 386

Turbinage 387
Fonte et clarification 388
Filtration. 389
Cuite 390
Emplis 390
Greniers 391
Sucettes 394
Etuves. 394
Sirops verts ou mélasses. 385
Sucres en tablettes. 395
Agglomérés 399

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES

Lyon. — Imp Pitrat Aîné, A. Rey Succ 7728

Anciens Etablissements CAIL

SOCIÉTÉ ANONYME : CAPITAL 10.000.000 FR.

Siège social et atelier principal, 15, Quai de Grenelle, PARIS

Succursales à DENAIN, DOUAI (Nord) et à SAINT-DENIS (Seine)

AGENCES :

Autriche-Hongrie, Espagne, Portugal, Russie, Serbie, Turquie, Brésil, Mexique, République Argentine, République de l'Equateur, République Dominicaine, Cuba, Porto-Rico, Guadeloupe, Martinique, Réunion, Maurice, Australie, Java, Cochinchine, Tonkin, Chine, Japon.

EXPOSITION UNIVERSELLE DE PARIS 1889 :

2 Grands Prix, 3 Médailles d'or, 1 Mention honorable

SUCRERIES DE CANNES ET DE BETTERAVES

RAFFINERIES

Distilleries, Brasseries, Meuneries, Fabriques de glace, Entrepôts frigorifiques, Fabriques de tapioca, etc.

Coupe-cannes. — Appareils de **diffusion** pour betteraves, cannes et bagasse (B. s. d. g.). — **Moulins à cannes** à huit cylindres et autres — **Filtres-presses** à lavage absolu. — **Filtres à sacs**, système Kasalowsky. — **Filtres mécaniques**, système Turbelin. — **Turbines** suspendues, système Weston. — **Générateurs** de tous systèmes. — **Fours à brûler la bagasse**, système Godillot et autres. — **Purificateurs d'eau** système Anderson. — **Compresseurs d'air** système Burckhardt. — **Locomotives routières.** — **Locomotives agricoles** et autres de toutes forces depuis 1500 kilos.

Concessionnaire pour la France et es Colonies françaises :

1° Du procédé Tietz, Selwig et Lange pour la fabrication du sucre en morceaux. — 2° De la turbine continue, système Szczeniowski et Piontkowzsky. — 3° De la turbine à moût, système Axel Bergt. — 4° Du reproducteur de [illegible], système Axel Bergh et Jorgensen. — 5° Des machines à glace et à froid, système Linde. — 6° Des turbines, système Fœlsche, pour l'enrichissement des sucres.

MATÉRIEL COMPLET pour INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

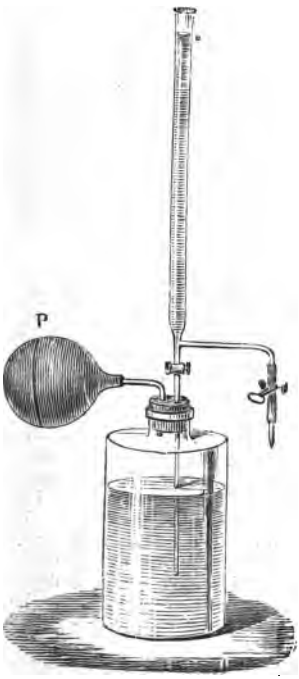
Ch. GALLOIS ✻ & F. DUPONT ✻

INGÉNIEURS — CHIMISTES — CONSEILS

81, Rue de Maubeuge, et 37, Rue de Dunkerque

PARIS

APPAREILS & INSTRUMENTS DE CHIMIE



FOURNITURE

ET

INSTALLATION DE LABORATOIRES

Verrerie Graduée et Jaugée

Rigoureusement exacte

Burettes, Densimètres, Alcoomètres
Thermomètres

APPAREILS SPÉCIAUX

POUR

Laboratoires de Sucrerie
Distillerie et agricoles

PRODUITS CHIMIQUES

Purs et ordinaires

ANALYSES INDUSTRIELLES

Commerciales et Agricoles

ADMISSION D'ÉLÈVES

TÉLÉPHONE

INSTRUMENTS D'OPTIQUE ET DE PRÉCISION

Maison Jules DUBOSCQ ✻

Fondée en 1819, par SOLEIL Père ✻

Inventeur du premier saccharimètre optique

Saccharimètre Soleil, saccharimètre à pénombres à lumière monochromatique ou à lumière blanche, colorimètres, spectroscopes et tous instruments d'optique.

Ph. PELLIN ✻, Ingénieur civil

SUCCCESSEUR

21, Rue de l'Odéon, 21. — PARIS

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

BAUDOUIN. — **Les eaux-de-vie** et la fabrication du cognac, 1 vol. in-16 de 320 pages cart. . . . . 4 fr.

BREVANS (J. de). — **La fabrication des liqueurs et des conserves**, 1890, 1 vol. in-18 jésus, 384 pages, 93 figures, cart. *Bibliothèque des connaissances utiles*). . . . . 4 fr.

BOUANT (E.). — **Nouveau dictionnaire de chimie**, comprenant les applications aux sciences, aux arts, à l'agriculture et à l'industrie. 1 vol. gr. in-8 de 1200 pages, avec 400 figures. 25 fr.

GARNIER (L). — **Ferments et fermentations**. Étude biologique des ferments, rôle des fermentations dans la nature et l'industrie, 1 vol. in-16 de 318 pages, avec 65 figures *(Bibliothèque scientifique contemporaine)* . . . . . 3 fr. 50

GRAFFIGNY. — **Les industries d'amateur**. Le papier et la toile, la terre, la cire, le verre et la porcelaine, le bois, les métaux, 1 vol. in-18 jésus de 365 pages avec 395 fig. cartonné *(Bibliothèque des connaissances utiles)* . . . . . 4 fr.

GUICHARD. — **Précis de chimie industrielle**, 1894, 1 vol. in-18 jésus de 422 pages, avec 68 figures cartonné (*Encyclopédie de chimie industrielle*) . . . . . 5 fr.

HALPHEN. — **La pratique des essais commerciaux et industriels**, 1892, 2 vol, in-18 jésus de chacun 350 pages avec figures. Matières minérales, 1 vol. — Matières organiques, 1 vol. (*Bibliothèque des connaissances utiles*). Chaque volume. 4 fr.

HERAUD. — **Les secrets de la science et de l'industrie** Recettes, formules et procédés d'une utilité générale et d'une application journalière, 1 vol. in-18 jésus de 350 pages, avec 165 figures, cartonné (*Bibliothèque des connaissances utiles*). . . . 4 fr.

LARBALÉTRIER. — **L'alcool**, 1 vol. in-16 de 350 pages, avec 50 figures *(Bibliothèque scientifique contemporaine)*. 3 fr. 50

— **Les engrais et leur application à la fertilisation du sol**. 1891, 1 vol. in-18 jésus de 360 pages, avec 68 figures, cartonné (*Bibl. des conn. utiles*) . . . . . 4 fr.

LEFEVRE (J.). — **Dictionnaire d'électricité et de magnétisme**, 1 vol. in-8 de 1160 pages, avec 1200 figures. . . 25 fr.

WITZ (A.). — **La machine à vapeur**, 1891, 1 vol. in-18 jésus de 324 p. avec 80 fig. cart. (*Bibliot. des connaissances utiles*). 4 fr.

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
Rue Hautefeuille, 19, près du Boulevard Saint-Germain, PARIS

Bibliothèque Scientifique contemporaine

à 3 fr. 50 le volume

Collection de 125 volumes in-16, comprenant 300 à 400 pages et illustrés

Principes de Philosophie positive, par AUGUSTE COMTE et ÉMILE LITTRÉ (de l'Institut), 1891, 1 vol. in-16. 3 fr. 50

Tableau synoptique de l'ensemble du cours de philosophie positive. — Exposition du but de ce cours. — Considérations sur la nature et l'importance de la philosophie positive. — Considérations générales sur la hiérarchie des sciences positives. — Études sur les progrès du positivisme.

La Science expérimentale, par CL. BERNARD, membre de l'Institut, 3e *édition*, 1890, 1 vol. in-16 de 448 pages, avec 18 figures..... 3 fr. 50

Claude Bernard par J.-B. Dumas et Paul Bert. — Du progrès dans les sciences physiologiques. — Les problèmes de la physiologie générale. — Définition de la vie, les théories anciennes et la science moderne. — La chaleur animale. — La sensibilité dans le règne animal et dans le règne végétal. — Etudes sur le curare. — Physiologie du cœur. — Des fonctions du cerveau. — Discours à l'Institut.

Les Sciences naturelles et l'Education, par TH. HUXLEY, membre de la Société royale de Londres, correspondant de l'Institut, 1891, 1 vol. in-16 de 360 pages..... 3 fr. 50

M. Huxley a longtemps combattu pour que les sciences naturelles entrent dans les programmes de l'enseignement; il a eu gain de cause, mais il ne se dissimule pas qu'il reste encore beaucoup à faire pour que son rêve se réalise tout entier. C'est ce qu'il dit, sous une forme simple et élevée, dans cet ouvrage, qui traite de l'éducation scientifique, de l'éducation universitaire, de l'éducation libérale, de l'éducation médicale, de l'éducation technique; il sera lu avec profit par ceux qui s'intéressent au développement de notre culture intellectuelle.

Science et Religion, par TH. HUXLEY, 1893, 1 vol. in-16 de 394 pages..... 3 fr. 50

Les interprètes de la genèse et les interprètes de la nature. — Science et morale. — Réalisme scientifique et pseudo-scientifique. — Science et pseudo-science. — La valeur du témoignage dans le miraculeux. — L'agnosticisme. — Agnosticisme et catholicisme. — Les lumières de l'Église et les lumières de la science.

Les Problèmes de la Biologie, par le professeur TH. HUXLEY, 1892, 1 vol. in-16 de 316 pages..... 3 fr. 50

L'étude de la biologie et de la zoologie. — L'enseignement élémentaire de la physiologie. — La base physique de la vie. — Biogénie et Abiogénie. — La métaphysique de la sensation. — L'alimentation et l'unité de structure des organes sensitifs. — Les animaux sont-ils des automates? — La découverte de la circulation du sang. — Rapport des sciences biologiques avec la médecine.

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, 19, RUE HAUTEFEUILLE, A PARIS

Les Sciences occultes, divination, calcul des probabilités, oracles et sorts, songe, graphologie, chiromancie, phrénologie, physiognomonie, cryptographie, magie, kabbale, etc., par G. PLYTOFF, 1891, 1 vol. in-16 de 329 p., avec 174 fig.... 3 fr. 50

La Magie, les lois occultes, la théosophie, l'initiation, le magnétisme, le spiritisme, la sorcellerie, le sabbat, l'alchimie, la kabbale, l'astrologie, par G. PLYTOFF, 1892, 1 vol. in-16 de 312 pages, avec 71 figures..... 3 fr. 50

Il semble téméraire de présenter, sans faire sourire, au seuil du XXe siècle un livre sur la magie. Les sciences occultes, lorsqu'on les considère à leur véritable point de vue, ne sont pas toutefois aussi bizarres qu'on le croit généralement; elles rentrent, au contraire, dans le cadre des sciences modernes gouvernées par un principe général de méthode analytique, et la *Bibliothèque scientifique contemporaine* a tenu à honneur de faire connaître au public éclairé, les sciences occultes dont tout le monde parle sans trop savoir en quoi elles consistent. Un courant d'idées entraîne en ce moment tous les esprits vers ces sciences et toutes ces *vieilles* nouveautés ont un regain d'actualité. On ne peut nier qu'il n'y ait parfois là des vérités troublantes. « La science, a dit un savant anglais, est tenue par l'éternelle loi de l'honneur à regarder en face et sans crainte tout problème qui peut franchement se présenter à elle. » Tous ceux qui voudront bien lire ces 2 volumes sans parti pris y trouveront la clef de bien des mystères restés inexpliqués, de problèmes encore indéterminés.

Les Merveilles du Ciel, par G. DALLET, 1 vol. in-16 de 372 pages, avec 74 figures..... 3 fr. 50

L'astronomie à travers les siècles. — L'astronomie mathématique. — L'astronomie pratique. — L'astronomie physique. — Constitution physique du Soleil. — Constitution physique des planètes inférieures. — Le satellite de Vénus. — La Terre. — La Lune. — Constitution physique des planètes supérieures. — Histoire du ciel et des étoiles. — Les nébuleuses. — Les comètes. — Les étoiles filantes. — Observations à tenter en dehors des observatoires publics.

La Prévision du Temps et les Prédictions météorologiques, par G. DALLET, 1 vol. in-16 de 336 pages, avec 39 figures..... 3 fr. 50

Qui n'est curieux de connaître d'avance les variations de la température ? Qui n'a besoin, au point de vue de ses intérêts matériels, de savoir le temps qu'il fera demain ? Agriculteurs, marins, industriels, médecins, gens du monde, tous ont un intérêt capital à savoir quand il viendra de la chaleur ou du froid, de la neige ou de la pluie. L'ouvrage de M. Dallet intéressera non pas seulement ceux qui font de la météorologie une étude spéciale, mais aussi ceux moins savants et tout aussi curieux qui désirent simplement connaître les indications utiles que donne cette science attrayante et pratique.

La Navigation aérienne et les Ballons dirigeables, par H. DE GRAFFIGNY, 1 vol. in-16 de 343 p., avec figures..... 3 fr. 50

Histoire de la navigation aérienne. — Histoire des ballons. — Les ascensions scientifiques. — Les ballons militaires. — Constructions des ballons. — Gonflement et conduite des aérostats. — Les ballons dirigeables à vapeur. — Les ballons électriques. — Les hommes volants. — L'aviation. — Les aéroplanes.

La Métallurgie en France, par U. LE VERRIER, professeur à l'Ecole nationale des Mines et au Conservatoire des arts et métiers, 1894, 1 vol. in-16 de 333 pages, avec 66 figures. 3 fr. 50

Le premier chapitre est consacré à l'exposé des nouveaux procédés d'étude des métaux, examen microscopique et étude des propriétés physiques à l'aide du pyromètre.

Dans les chapitres suivants, M. Le Verrier passe en revue l'état actuel des principales industries métallurgiques. Il étudie la fabrication et l'affinage de la fonte, l'utilisation des fontes impures, puis les procédés de travail mécanique des aciers moulés et du fer forgé, le travail des forges, les appareils servant au travail des métaux, les procédés de trempe, enfin les constructions métalliques dont les progrès ont été si considérables.

Vient ensuite la métallurgie du nickel et de ses alliages, du cobalt, du chrome et du manganèse, de l'aluminium, du cuivre et de ses alliages, du zinc, du plomb, de l'étain, de l'antimoine, du platine.

L'ouvrage se termine par l'étude du travail des métaux dans les industries d'art.

La Photographie, et ses applications aux sciences, aux arts et à l'industrie, par J. LEFEVRE, professeur à l'Ecole des sciences de Nantes, 1 vol. in-16 de 382 p., avec 95 figures. 3 fr. 50

Méthodes et appareils photographiques. Principe de la photographie. Positifs aux sels d'argent. Retouche. Négatifs sur collodion sec, au gélatino-bromure d'argent, au charbon. Objectifs simples et composés. Mise au point. Chambres noires d'atelier. Appareils de voyage et de poche. Photographie sans objectif et sans appareil. Temps de pose. Obturateurs. Atelier et éclairage. Laboratoire.

Applications de la photographie. Gravure photographique. Photolithographie et phototypie. Phototypographie. Photographie des couleurs. Photographie instantanée. Stéréoscope. Vues panoramiques. Agrandissements. Photographie microscopique. Photomicrographe. Photographie astronomique.

La Télégraphie actuelle, par MONTILLOT, 1 vol. in-16 de 320 pages, avec 80 figures..... 3 fr. 50

M. Montillot a réuni, avec une remarquable compétence, les données et les enseignements complexes de la télégraphie actuelle.

Il montre d'abord comment on construit une ligne, il introduit le lecteur dans un bureau télégraphique, décrit en détails les piles et fait connaître le moyen d'entretenir en bon état les sources d'électricité. Il passe ensuite en revue tous les organes essentiels des télégraphes Hugues, Wheatstone, Meyer, Baudot.

Un chapitre spécial a été réservé aux appareils affectés aux transmissions sur les lignes sous-marines; puis aux différentes installations en *duplex* et en *quadruplex*. Enfin, l'ouvrage se complète par la description des principaux téléphones en usage, leur installation et leur mode d'emploi à la téléphonie à grande distance et les transmissions téléphoniques et télégraphiques simultanées par le même fil, appelées à un si grand avenir.

Phénomènes électriques de l'Atmosphère, par GASTON PLANTÉ, lauréat de l'Institut, 1 vol. in-16 de 324 pages, avec 46 figures..... 3 fr. 50

L'auteur cherche à expliquer les éclairs, cette forme extraordinaire de la foudre ; il est arrivé à trouver la solution du problème : il a obtenu *l'agrégation globulaire* d'un liquide électrisé, puis le *globule de feu*, et enfin la *foudre globulaire ;* il s'est ensuite occupé de la *grêle*, des *trombes* et des *aurores polaires :* ces expériences jettent un grand jour sur la théorie de ces phénomènes naturels.

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, 19, RUE HAUTEFEUILLE, A PARIS

Bateaux et Navires, progrès de la construction navale à tous les âges et dans tous les pays, par le marquis de FOLIN, ancien officier de marine, 1892, 1 vol. in-16 de 328 pages, avec 132 figures..... 3 fr. 50

Radeaux et *pirogues ; embarcations de pêche* sur les côtes de France, des mers du Nord, d'Espagne, de Portugal, d'Italie, de l'archipel Grec, de l'Egypte, du Maroc, du Japon, de la Chine et des deux Amériques; *flotteurs de transport,* bricks, goélettes, caboteurs, *bâtiments de servitude,* pontons, dragues, docks flottants, brûlots, ponts de bateaux, etc.

Bâtiments de commerce, trois-mâts, paquebots, *bâtiments de guerre,* lougres, corvettes, frégates, vaisseaux à deux et à trois ponts, cuirassés, torpilleurs.

Flotteurs de plaisance, flotteurs sous-marins.

La Poste, le Télégraphe et le Téléphone. Histoire des moyens de communication à travers les siècles, par E. GALLOIS, ingénieur civil, 1894, 1 vol. in-16 de 382 pages, avec 136 figures..... 3 fr. 50

Moyens de communication des peuples de l'antiquité. Moyen âge. Organisation des postes sous Louis XI. Moyens de correspondance au XVIe siècle. Les postes et les moyens de transport du XVIIe et du XIXe siècles. Les postes modernes : installation et moyens de communication. Les postes modernes chez les différents peuples. Le timbre-poste. Histoire du télégraphe. La télégraphie électrique. Le téléphone. L'Union postale universelle.

L'Artillerie actuelle, canons, poudres, fusils et projectiles, par le colonel GUN, 1 volume in-16 de 315 pages, avec 96 figures..... 3 fr. 50

Cet ouvrage donne la description des divers systèmes de canons, fusils et projectiles employés actuellement en France et à l'étranger. Après quelques renseignements sur les métaux à canon et sur la fabrication des pièces à feu, l'auteur passe en revue le matériel en service (canons et affûts), les projectiles, les poudres en service, etc. Il consacre un chapitre à l'organisation et au service de l'artillerie de l'armée française, et un autre au matériel d'artillerie créé par l'ingénieur Canet et construit par la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée. Le chapitre suivant est consacré au pointage et au tir des bouches à feu. Enfin, le dernier chapitre est une revue rapide des armes portatives et des canons en service chez les diverses puissances.

L'Electricité appliquée à l'Art militaire, par le colonel GUN, 1 vol. in-16 de 384 p., avec 140 figures. 3 fr. 50

Électricité et explosions de guerre. Procédés de mise de feu usités en guerre. Les explosifs actuels. Destructions de guerre. Télégraphie militaire. Organisation en France et à l'étranger. Matériel de la télégraphie militaire française. Installation des postes militaires en France et à l'étranger. Télégraphe optique militaire, signaux de guerre sémaphoriques et optiques. Torpilles électriques automobiles et dirigeables. Artillerie. Aérostation militaire.

Le Transformisme, par EDMOND PERRIER, professeur au Muséum, membre de l'Institut, 1 vol. in-16 de 341 pages, avec 88 figures..... 3 fr. 50

L'auteur étudie la doctrine transformiste pour arriver à l'explication du monde vivant. Il fait connaître les origines de la question, ce qu'elle était avec Lamarck, Geoffroy Saint-Hilaire, Ch. Darwin et Haeckel; ce qu'elle est devenue entre les mains des naturalistes de l'époque actuelle et comment elle est arrivée à grouper en un même faisceau les données si longtemps éparses de la paléontologie, de l'anatomie comparée, des sciences descriptives et de l'embryogénie.

L'Evolution des Formes animales avant l'apparition de l'Homme, par F. PRIEM, agrégé des Sciences naturelles, 1891, 1 vol. in-16 de 384 p., 175 fig. 3 fr. 50

La doctrine de l'Evolution joue un trop grand rôle dans le mouvement philosophique actuel pour qu'un livre où sont consignées, en de courtes pages, les notions acquises sur l'enchaînement des êtres dans les temps géologiques ne soit pas accueilli avec faveur par les esprits qui se préoccupent des rapports de la science et de la philosophie. Ce livre facilitera la tâche de toute personne soucieuse de se mettre rapidement au courant de l'état actuel d'une science qui progresse avec une rapidité sans précédent et dont on ne trouve nulle part un exposé élémentaire. (*Revue philosophique.*)

L'Evolution et l'Origine des Espèces, par TH. HUXLEY, 1892, 1 vol. in-16, 344 pages, avec 20 figures. 3 fr. 50

La question de l'Evolution et de l'Origine des espèces est sortie des bornes étroites des cercles purement scientifiques, et occupe l'attention de la société en général. M. Huxley a donc été bien inspiré en présentant un tableau de la théorie darwinienne, des faits nouveaux qu'elle a mis en lumière, des résultats qu'elle a permis d'obtenir et en comparant l'état des sciences biologiques lors de l'apparition du livre de Darwin, et à l'époque présente; il a rendu non seulement le darwinisme, mais aussi la théorie générale de l'évolution des êtres vivants, intelligible au public, et il écarte les malentendus, en réfutant les erreurs d'interprétation.

La Place de l'Homme dans la Nature, par TH. HUXLEY, 1 vol. in-16 de 360 pages, avec 84 figures. 3 fr. 50

La question suprême pour l'humanité, le problème qui est à la base de tous les autres et qui nous intéresse plus profondément qu'aucun autre, est la détermination de la place de l'homme dans la nature. L'homme n'est pas un être isolé, et le professeur Huxley prouve cette thèse, qui a toujours passionné et passionnera toujours les esprits curieux, de savoir qui nous sommes, d'où nous venons et où nous allons. Il le prouve avec une grande abondance de documents empruntés à l'anatomie, à l'embryologie et à la platéontologie.

Les Pygmées, les pygmées des anciens, d'après la science moderne, les négritos, les négrilles, les hottentots et les boschimans, par A. DE QUATREFAGES, professeur au Muséum, membre de l'Institut, 1 vol. in-16 de 352 pages, avec 31 figures.... 3 fr. 50

Depuis longtemps, M. de Quatrefages étudie les petites races nègres qui actuellement sont dispersées sur des points du globe éloignés les uns des autres, et que menace une prochaine extinction. Cependant ces races naines ont eu leur ère de prospérité et ont joué un rôle important, aussi bien dans l'histoire des peuples que dans la légende. Ecrit avec une grande clarté, le livre de M. de Quatrefages est rempli de renseignements très curieux sur les mœurs et sur les croyances religieuses des pygmées modernes.

L'Homme avant l'Histoire, par CH. DEBIERRE, professeur à la Faculté de Lille, 1 vol. in-16, de 303 pages, avec 84 figures..... 3 fr. 50

Le berceau de l'humanité. — Classification. — L'homme tertiaire. — L'homme quaternaire. — Age de la pierre taillée. — Age de la pierre polie. — Les races humaines néolithiques. — Ages du bronze et du fer. — Ancienneté de l'homme. — L'homme autochtone en Europe occidentale et les immigrations orientales. — Portrait des populations primitives. — Nature et origine de l'homme. — Chemin parcouru par l'humanité des âges géologiques aux âges actuels.

Le Préhistorique en Europe, Congrès, Musées, Excursions, par G. COTTEAU, correspondant de l'Institut, 1 vol. in-16 de 313 pages, avec 87 figures..... 3 fr. 50

C'est l'histoire des Congrès préhistoriques tenus dans les principales capitales de l'Europe, que l'auteur a retracée avec une plume d'autant plus compétente qu'il a assisté à la plupart d'entre eux.

Quoi de plus passionnant que cette étude des premiers âges de l'humanité « qui a reporté l'histoire de l'homme au delà des plus obscures légendes et jusqu'aux temps géologiques eux-mêmes », science qui occupera une des premières places dans l'histoire scientifique du XIXe siècle. (*Revue scientifique.*)

L'Archéologie préhistorique, par J. DE BAYE, de la Société des Antiquaires, 1 vol. in-16 de 340 p., avec 51 fig. 3 fr. 50

L'archéologie des temps primitifs est une science de date récente. Elle emprunte beaucoup à d'autres sciences presque aussi nouvelles. Elle est en effet intimement associée à la géologie, à la paléontologie, à la minéralogie et à l'anthropologie. C'est par l'heureux accord de ces diverses sciences que M. le baron de Baye a étudié successivement l'époque néolithique, la pierre polie, les grottes, les sépultures, la trépanation préhistorique, les flèches, les haches, les parures, la céramique. C'est là un ensemble plein d'intérêt.

L'Égypte au temps des Pharaons, la Vie, la Science, l'Art, par VICTOR LORET, maître de conférences à la Faculté de Lyon, 1 vol. in-16 de 318 pages, avec 18 phogravures.. 3 fr. 50

Les Pharaons. — Faune et Flore. — Musique et danse. — Toilette et parfums. — Médecine et Sorcellerie. — La Tombe.

Les études de M. V. Loret sont des plus intéressantes. Elles ont le charme de tout ce qui est écrit par un auteur qui a vu de près ce dont il parle, et qui est pénétré de son sujet; elles donneront une idée très exacte de la vie, de la science et de l'art chez les anciens Egyptiens. M. Loret a trouvé le moyen de présenter son sujet sous une forme originale et qui lui donne un véritable attrait de nouveauté.

Les Ancêtres de nos Animaux, dans les temps géologiques, par ALBERT GAUDRY, professeur au Muséum, membre de l'Institut, 1 vol. in-16 de 296 pages, avec 48 figures.... 3 fr. 50

M. Gaudry, après avoir exposé, dans de savantes monographies, les résultats de ses belles recherches sur les animaux fossiles, a eu l'heureuse pensée de présenter, sous une forme moins technique et plus attrayante, ses idées si originales et si élevées sur les enchaînements du monde animal; il nous fait assister au spectacle de la nature pendant les âges géologiques; il nous montre les grands mammifères éteints qui peuplaient les paysages primitifs, et qui, transformés par une lente évolution, sont devenus nos commensaux et nos serviteurs.

L'Algérie, le sol et les habitants, par BATTANDIER et TRABUT, professeurs à l'Université d'Alger, 1897, 1 vol. in-16 de 350 pages, avec figures..... 3 fr. 50

Les Alpes françaises, par A. FALSAN, 1893, 2 vol. in-16, ensemble 636 pages, avec 129 figures..... 7 fr.
I. *Les montagnes, les eaux, les glaciers, les phénomènes de l'atmosphère*, 1 vol. in-16 de 288 pages, avec 52 figures..... 3 fr. 50
II. *La flore et la faune, l'homme dans les Alpes*, 1 vol. in-16 de 356 pages, avec 77 figures..... 3 fr. 50

Longtemps presque inconnues, nos superbes chaînes alpestres ont été pour ainsi dire révélées au monde, depuis cent ans à peine, par une succession d'intrépides explorateurs qui ont su entraîner vers leurs admirables cimes des légions d'admirateurs enthousiastes. Pour tous ces fidèles, refaire, accessible à tous, l'histoire géologique, hydrologique, climatérique, météorologique, botanique, zoologique et etnographique des Alpes, de leur vie séculaire, de leurs évolutions, de leurs fonctions, résumer les beaux travaux qu'elles ont inspirés, c'était là une énorme entreprise. M. Falsan a su la mener à bien avec un rare bonheur.

Tout en étant d'une incontestable valeur scientifique, le livre de M. Falsan est en même temps une œuvre de saine et intelligente vulgarisation.

Les Pyrénées, les montagnes, les glaciers, les eaux minérales, les phénomènes de l'atmosphère, la flore, la faune et l'homme, par F. TRUTAT, directeur du Muséum d'histoire naturelle de Toulouse, 1894, 1 vol. in-16 de 371 pages, avec 80 figures..... 3 fr. 50

Les Vosges, le sol et les habitants, géographie physique, géologie, météorologie, climatologie, flore, faune, archéologie préhistorique, anthropologie, ethnographie, par G. BLEICHER, professeur d'histoire naturelle à l'Ecole de Nancy, 1890, 1 vol. in-16 de 320 p., avec 28 figures..... 3 fr. 50

Les Tremblements de terre, par F. FOUQUÉ, professeur au Collège de France, membre de l'Institut, 1 vol. in-16 de 328 pages, avec 44 figures..... 3 fr. 50

Depuis quelques années, l'observation et l'étude des tremblements de terre a été soumise à la méthode scientifique. Des instruments ont été imaginés, non seulement pour les signaler, mais pour en analyser les particularités importantes. C'est l'étude des résultats déjà acquis que nous présente ce livre de l'éminent professeur du Collège de France. (*Cosmos.*)

Les Problèmes de la Géologie et de la Paléontologie, par TH. HUXLEY, 1892, 1 vol. in-16 de 312 pages, avec 34 figures..... 3 fr. 50

La contemporanéité géologique et les types persistants de la vie. — Histoire d'un morceau de craie. — La réforme géologique. — La généalogie des animaux. — Le corail et les récifs de corail. — L'origine et les progrès de la paléontologie. — La paléontologie et la théorie de l'évolution. — Application des lois de l'évolution à la classification des vertébrés. — La formation de la houille.

Les Cavernes et leurs habitants, par JULIEN FRAIPONT, professeur de paléontologie à l'Université de Liège, 1896, 1 vol. in-16 de 334 pages, avec 89 figures..... 3 fr. 50

Origine des cavernes naturelles : cavernes creusées par les eaux souterraines et par la mer, cavernes d'origine éruptive. Mode de remplissage des grottes ; âge de leurs dépôts, signification des ossements animaux et humains et des débris de l'industrie humaine qu'on y trouve. Faune actuelle des cavernes.

Les habitants des cavernes à travers les âges. Habitation des cavernes pendant l'époque de l'*Elephas antiquus* et du *Rhinoceros Merkii*, du Mammouth (Moustérien, Solutréen), du Renne (Magdalénien). Période néolithique.

Introduction de l'usage des métaux. Les cavernes pendant les temps historiques. Les divinités dans les cavernes : cultes et sanctuaires. Légendes et traditions populaires des cavernes.

Les Plantes fossiles, par B. RENAULT, assistant au Muséum, 1 vol. in-16 de 400 pages, avec 53 figures..... 3 fr. 50

L'auteur a désiré appeler l'attention sur l'importance du rôle tenu par les plantes qui ont précédé celles qui vivent encore sous nos yeux. En même temps que les premières couches sédimentaires se déposaient à la surface du globe, les premières plantes apparaissaient de leur côté ; elles se sont succédé nombreuses et variées. Comme les terrains formés au sein des eaux nous ont conservé une partie de ces espèces, que ces espèces varient souvent d'une couche sédimentaire plus ancienne à une autre plus récente, leur connaissance peut établir l'ordre chronologique de ces terrains.

Origine paléontologique des Arbres cultivés ou utilisés par l'homme, par G. de SAPORTA, correspondant de l'Institut, 1 vol. in-16 de 360 pages, avec 43 figures..... 3 fr. 50

M. de Saporta est arrivé à saisir la descendance des espèces arborescentes actuelles par celles des époques antérieures, recueillies à l'état fossile. Grâce à lui, le lecteur peut assister à ce magnifique développement de la végétation et contempler, dans les illustrations du livre, le spectacle de cette filiation.

La Biologie végétale, par PAUL VUILLEMIN, professeur agrégé d'histoire naturelle à la Faculté de médecine de Nancy, 1 vol. in-16 de 380 pages, avec 82 figures..... 3 fr. 50

L'absence à peu près absolue dans les traités de botanique de considérations générales un peu amples sur la vie des plantes et sur ses rapports avec les manifestations et les conditions de la vie en général doit assurer un excellent accueil à un ouvrage de ce genre. M. Vuillemin est fort érudit et son livre est plein de faits intéressants et de bonnes descriptions.

Les Fleurs à Paris, culture et commerce, par PH. de VILMORIN, 1892, 1 vol. in-16 de 324 pages, avec 208 figures. 3 fr. 50

Le développement prodigieux pris par le goût des fleurs a amené une révolution dans leur culture et leur commerce. D'où viennent toutes ces fleurs ? qui les cultive, les reçoit, les distribue ? quelle est la meilleure manière de les utiliser ? Ce sont toutes ces questions d'utilité pratique que M. de Vilmorin étudie. Il décrit la vente aux Halles, dans les marchés aux fleurs, et dans les boutiques des fleuristes. Puis il énumère les principales plantes qui font l'objet des soins du producteur et, signalant les mérites des diverses espèces en même temps que leur culture, il traite des plantes annuelles, bisannuelles, vivaces, bulbeuses de pleine terre, des orchidées et des plantes de serre, des arbres et arbustes fleurissant, des rosiers en particulier, enfin des plantes spéciales aux cultures du Midi et des accessoires des bouquets, verdures diverses, mousses et fougères.

La Méthode de Brown-Séquard, physiologie, indications cliniques et thérapeutiques, technique, par le Dr Ch. ELOY, ancien interne des hôpitaux de Paris, lauréat de l'Académie de médecine, 1893, 1 vol. in-16 de 282 pages, avec figures. 3 fr. 50

Les origines de la méthode (la sécrétion interne). — La médication orchitique. — Son action physiologique, documents physiologiques, documents cliniques, ses applications thérapeutiques. Préparation des extraits d'organes, technique et mode d'administration, les succédanés de l'extrait testiculaire. — La médication thyroïdienne, ses origines et sa physiologie, ses indications et sa technique. — Les régimes thyroïdiens. — La médication pancréatique, traitement du diabète. — La médication capsulaire, faits physiologiques et essais thérapeutiques. — La médication cérébrale, transfusion nerveuse et injection de liquide cérébral.

Les Microbes pathogènes, par le Dr Ch. BOUCHARD (de l'Institut), professeur à la Faculté de médecine de Paris, 1892, 1 vol. in-16, de 304 pages..... 3 fr. 50

Ce volume renferme l'ensemble des recherches personnelles du savant professeur sur les maladies infectieuses et l'action des microbes pathogènes. Il débute par l'exposé de sa *Théorie de l'infection*. Vient ensuite l'étude des *actions des produits sécrétés par les microbes pathogènes*. — puis du *rôle des poisons d'origine microbienne* dans les maladies infectieuses, et de leur élimination par les reins. L'auteur expose ensuite ses *recherches bactériologiques* sur le choléra, la grippe et la maladie charbonneuse, ses *essais de vaccination* et réfute les prétendues vaccinations par le sang. L'ouvrage se termine par l'étude de l'*étiologie et de la pathogénie des maladies infectieuses* et par leur traitement antiseptique.

Microbes et Maladies, par J. SCHMITT, professeur à la Faculté de médecine de Nancy, 1886, 1 vol. in-16, de 300 pages, avec 24 figures..... 3 fr. 50

L'ouvrage que M. Schmitt a consacré à l'histoire des microbes et à l'étude de leur rôle pathogénique ne laisse rien à désirer au point de vue de la clarté, et les gens du monde qui ont le désir légitime de se familiariser avec les questions scientifiques modernes le liront avec profit. (*Revue scientifique*).

La Technique microscopique et histologique, par MATHIAS DUVAL, professeur à la Faculté de médecine de Paris, 1878, 1 vol. in-16 de 315 pages, avec 43 figures..... 3 fr. 50

Les Pansements modernes. Le pansement ouaté et son application à la thérapeutique chirurgicale, par ALPHONSE GUÉRIN, membre de l'Académie de médecine, 1889, 1 vol. in-16, de XLIV-392 pages, avec 10 figures..... 3 fr. 50

Théorie du pansement. — Application du pansement ouaté au traitement des plaies. — La statistique en chirurgie. — Le pansement ouaté comme moyen compressif. — Le pansement ouaté appliqué à la chirurgie d'armée. — Théorie de l'infection purulente par les miasmes et les ferments.

Magnétisme et Hypnotisme exposé des phénomènes observés pendant le sommeil nerveux provoqué, par le Dr A. CULLERRE, directeur de l'asile de la Roche-sur-Yon. 3e *édition*, 1892, 1 vol. in-16 de 300 pages, avec 36 figures..... 3 fr. 50

L'ouvrage de Cullerre est un résumé clair, méthodique, de tout ce qui a été dit et écrit sur le magnétisme et l'hypnotisme depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours. Les emprunts que l'auteur a faits aux travaux récents de MM. Charcot, Richet, Beaunis, Dumontpallier, Liégeois, Féré, Bernheim et Tucke en font un ouvrage scientifique que les médecins et les magistrats consulteront avec fruit. Ce livre est un de ceux qu'on lit en entier, après en avoir lu la première page : c'est le plus grand éloge que nous puissions en faire. (*Gaz. hebd. des sc. médicales*).

La Thérapeutique suggestive, et ses applications aux maladies nerveuses et mentales, à la chirurgie, à l'obstétrique et à la pédagogie, par le Dr A. CULLERRE, 1893, 1 vol. in-16 de 318 pages..... 3 fr. 50

Le mouvement irrésistible qui pousse la médecine vers des horizons nouveaux engendre, par contre-coup, une véritable renaissance thérapeutique. La vertu curative de la suggestion hypnotique, que de nombreux savants ont, depuis peu d'années, mise en lumière, est un des aspects les plus intéressants de cette évolution dans l'art de guérir. M. Cullerre a cherché à exposer d'une façon impartiale cette science nouvelle, à formuler le plus nettement possible ses indications positives, tout en indiquant, à côté de ses succès, les cas où elle est inutile et ceux où elle pourrait même devenir dangereuse.

Nervosisme et Névroses, hygiène des énervés et des névropathes, par le Dr A. CULLERRE, 2e *édition*, 1892, 1 vol. in-16 de 352 pages..... 3 fr. 50

Chercher les causes du névrosisme et les moyens de les combattre, établir pour les névroses une hygiène basée sur l'étiologie, tel est le but de l'auteur. Aussi, après avoir indiqué dans un premier chapitre ce qu'il faut entendre par le *tempérament nerveux* et les *névropathies*, il indique leur origine, leur parenté avec les autres maladies chroniques, les circonstances qui influent sur leur développement.

Les heureux effets de l'exercice sur toutes ses formes, des distractions, des bains, du sommeil, sont étudiés. Il en de même de la part qui, dans les névroses, revient aux organes des sens, aux fonctions sexuelles. Enfin le Dr Cullerre montre les effets du surmenage intellectuel chez les enfants. (*La France médicale*).

Les frontières de la Folie, par le Dr A. CULLERRE, 1888, 1 vol. in-16 de 360 pages..... 3 fr. 50

Ce travail aurait dû exister depuis bien longtemps, surtout en France, où les théâtres, les romans et les journaux surchauffent l'imagination. C'est pour répondre au public qui ne connaît rien du portrait de l'aliénation mentale que l'auteur a fait son œuvre. En parcourant ce livre, le lecteur trouvera les notions requises pour se faire une opinion sur ces obscures et émouvantes questions de la maladie mentale et des exemples, choisis parmi les plus célèbres, lui expliqueront même les formes les plus légères de la déséquilibration de l'esprit.

Hypnotisme expérimental. Les émotions dans l'état d'hypnotisme et l'action à distance des substances médicamenteuses, par J. LUYS, de l'Académie de médecine, 1890, 1 vol. in-16 de 320 pages, avec 28 planches..... 3 fr. 50

La question de l'action des substances agissant à distance chez les sujets en état d'hypnotisme est posée ; elle marche, elle s'appuie sur des documents qui deviennent de plus en plus nombreux, et malgré les faits en apparence contradictoires qui proviennent d'expériences mal faites et d'expérimentateurs malhabiles, elle est destinée à prendre place dans le domaine scientifique et à devenir un chapitre naturel de la physiologie du système nerveux.

Les Champignons, au point de vue biologique, économique et taxonomique, par A. ACLOQUE, 1892, 1 vol. in-16 de 328 p., avec 69 figures..... 3 fr. 50

La mycologie est une science récente. M. Acloque a pensé qu'il y aurait intérêt à recueillir les observations et à résumer les travaux des savants qui pendant ces dernières années ont étudié les champignons. Son livre est assez exact et assez clair pour instruire ceux qui ne savent pas et veulent apprendre, et pour rappeler à ceux qui savent ce qu'ils ont appris. La partie physiologique expose les phénomènes de la sporification, la théorie du polymorphisme et la question de la fécondation. Dans la partie économique sont étudiés les champignons comestibles, les champignons vénéneux, les champignons nuisibles, — la culture, la récolte et la conservation.

Une dernière partie est consacrée à la taxonomie mycologique.

Les Lichens, anatomie, physiologie et morphologie, par A. ACLOQUE, 1893, 1 vol. in-16 de 376 p., avec 82 figures. 3 fr. 50

Tous les chapitres s'enchaînent parfaitement. Toutefois, pour la commodité des études, chaque question est isolée; l'anatomie de l'appareil reproducteur et de l'appareil végétatif, leur physiologie, l'évolution des organes, la dérivation des formes, les propriétés, sont autant de sujets traités à part.

Le livre est écrit d'un style simple et précis, par une plume facile et sûre.

Il trouvera un bon accueil auprès des botanistes, des économistes, des médecins qui tous lui sauront gré d'avoir aplani pour eux les difficultés qui entourent l'étude des lichens, qui pourraient être si utiles, et qu'on connaît si peu, faute de livres qui en révèlent la vie et les propriétés. *Le Cosmos.*

Les Maladies cryptogamiques des Céréales, par J. LOVERDO, professeur à l'Institut agronomique d'Athènes, 1891, 1 vol. in-16 de 312 pages, avec 35 figures. 3 fr. 50

M. Loverdo a réuni dans son livre toutes les données les plus récentes de la science sur les parasites de nos céréales, blé, seigle, maïs, orge, avoine et sorgho. On y trouvera tout d'abord l'étude biologique de ces terribles ennemis de l'agriculture, leurs caractères extérieurs et leurs conditions de développement.

Il étudie ensuite les moyens de défense, puis, pour prévenir les effets de la maladie, le traitement dans le cas où les moyens de défense n'ont pas suffi.

La Truffe, étude sur les truffes et les truffières, par le Dr FERRY DE LA BELLONE, 1 vol. in-16 de 312 pages, avec 21 figures et une eau-forte..... 3 fr. 50

Historique. — Nature de la truffe. — Moyens d'étude, technique micrographique, étude histologique. — Organisation générale de la truffe. — Variétés culinaires, commerciales et botaniques. — Classification. — Description des différentes espèces. — Usages. — Truffières naturelles. — Création des truffières artificielles. — Influence des terrains, de l'air, de la lumière, etc. — Truffes d'été et truffes d'hiver. — Récolte. — Commerce. — La truffe devant les tribunaux.

La Vigne et le Raisin, histoire botanique et chimique, effets physiologiques et thérapeutiques, par le Dr HERPIN, lauréat de l'Institut, 1 vol. in-16 de 362 pages..... 3 fr. 50

Histoire naturelle. Ampélographie : 1° De la vigne et du raisin en général. Importance de l'industrie vinicole en France; 2° Des différents cépages. — Chimie : 1° Composition chimique des raisins; 2° Causes qui modifient les qualités des raisins. — Propriétés chimiques et physiologiques des principes qui entrent dans la composition du jus de raisin. — Du raisin comme aliment et comme médicament.

La Géographie zoologique, par le Dr E.-L. TROUESSART, 1890, 1 vol. in-16 de 328 pages, avec 63 figures..... 3 fr. 50

L'ouvrage de M. Trouessart est le premier publié dans notre langue, qui soit consacré à la distribution géographique des animaux, science qui tient aujourd'hui une si large place en zoologie. Écrit d'un style simple et sans prétention qui le rend accessible à toutes les intelligences, sans exiger d'études spéciales, sa place est indiquée dans les bibliothèques populaires, aussi bien que dans celles des grands établissements scientifiques.

La Vie des Oiseaux, par le baron d'HAMONVILLE, 1890, 1 vol. in-16 de 400 pages, avec 18 planches..... 3 fr. 50

Depuis quarante ans, l'auteur consacre tous ses loisirs à l'étude des oiseaux. Ce livre est le résumé de ses laborieuses recherches et de ses nombreux voyages : il a le mérite d'être absolument exact, et entièrement personnel; il peint les mœurs, la propagation et le rôle des oiseaux dans la nature, c'est-à-dire leur *vie intime*.

Il a surtout en vue, de développer chez les jeunes naturalistes le goût de l'ornithologie et de leur inspirer le désir d'étudier les oiseaux qui ont une si large part dans l'économie générale de la nature.

Les Abeilles. Organes et fonctions, éducation et produits, miel et cire, par MAURICE GIRARD, ancien président de la Société entomologique de France. *3e édition*, 1890, 1 vol. in-16 de 320 pages, avec 84 figures..... 3 fr. 50

L'Abeille est l'objet de soins de jour en jour plus attentifs, en raison de l'intérêt qui s'attache à son étude et des avantages que procure son éducation. Il manquait en France un livre qui mît à la portée de l'éleveur l'ensemble des connaissances qu'il a besoin de posséder. M. Girard a exposé les manipulations agricoles, les procédés d'extraction, la composition chimique du miel et de la cire; il a décrit les organes, les fonctions, les maladies, les ennemis de l'Abeille. Il a voulu donner aux apiculteurs un résumé clair et précis des faits d'histoire naturelle et des opérations techniques qui se rattachent à la récolte des produits.

Les Huîtres et les Mollusques comestibles. Histoire naturelle, culture industrielle, hygiène alimentaire, par A. LOCARD, 1890, 1 vol. in-16 de 384 p., avec 97 fig. 3 fr. 50

M. Locard a résumé toutes les données scientifiques et technologiques relatives aux mollusques domestiques. Il passe d'abord en revue la longue liste des espèces comestibles en France et à l'étranger; puis il étudie spécialement l'ostréiculture, la mytiliculture et la domestication des coquilles les plus importantes. Après avoir montré quelle influence physiologique la domestication peut exercer sur les mollusques, il expose les conditions du repeuplement de nos côtes et étudie les ennemis des Mollusques et les moyens de les vaincre. Le volume se termine par une étude des mollusques au point de vue de l'hygiène alimentaire.

Les Végétaux et les Animaux lumineux, par H. GADEAU DE KERVILLE, 1890, 1 vol. in-16 de 327 pages, avec 49 figures..... 3 fr. 50

La faculté d'émettre de la lumière qui caractérise certains animaux et même quelques végétaux est un des faits les plus curieux qui se présentent à l'étude des naturalistes. Ceux-ci ont déjà observé, décrit, classé un nombre imposant d'êtres doués de cette faculté photogénique et fait d'intéressantes recherches sur cette propriété si curieuse. Mais ces travaux sont épars et M. Gadeau de Kerville a fait une œuvre à la fois intéressante et utile en réunissant toutes les connaissances déjà acquises sur ce sujet captivant

Au Bord de la Mer, les dunes et les falaises, les animaux et les plantes des côtes de France, par le Dr TROUESSART, 1893, 1 vol. in-16 de 349 pages, avec 144 figures..... 3 fr. 50

Les distractions qu'offre la plage laissent le loisir de s'intéresser aux beautés de la nature, d'examiner les pierres, les plantes et les animaux que les vagues poussent sans cesse aux pieds du promeneur et qui sont ramenés par le filet du pêcheur. Pour étudier avec fruit ces objets si variés, il n'est pas besoin d'avoir les connaissances d'un naturaliste ; cependant beaucoup de personnes sont détournées de cette utile distraction faute d'un guide élémentaire et sûr qui leur dise le nom et l'histoire de ces pierres, de ces animaux et de ces plantes. Réunir en un volume les principales notions qui constituent l'histoire naturelle de nos côtes (géologie, botanique et zoologie), résumer ces notions sous une forme claire, exacte et précise, tel a été le but de M. Trouessart. Il y a parfaitement réussi.

La Vie au sein des Mers, par L. DOLLO, aide-naturaliste au Muséum de Bruxelles, 1891, 1 vol. in-16 de 304 pages, avec 47 figures..... 3 fr. 50

Après avoir étudié dans une première partie la faune marine et les grandes profondeurs de la mer, M. Dollo raconte ce qu'ont été les explorations sous-marines et quels procédés de recherche elles ont mis en usage. Vient ensuite une étude sur les conditions d'existence dans les profondeurs des abîmes et sur la faune abyssale. Les conditions de pression, d'immobilité du milieu, de température et d'éclairage, constituent en effet un milieu bien différent de ceux que nous avons l'habitude d'étudier, soit dans l'air, soit dans les eaux de nos rivières et de nos lacs. Aussi cette étude contient-elle nombre de renseignements curieux.

Sous les Mers, campagnes d'explorations du *Travailleur* et du *Talisman*, par le marquis de FOLIN, 1 vol. in-16 de 340 p., avec 45 figures..... 3 fr. 50

Les recherches sous-marines, leur importance et leur utilité. — Les grandes explorations américaines, anglaises, etc. — La côte des Basses-Pyrénées, des Landes et de la Gironde. — Les trois campagnes du *Travailleur*. — Le golfe de Gascogne. — La Méditerranée, les côtes du Maroc, du Portugal, de l'Espagne, les Canaries, Madère. — Campagne du *Talisman*, les côtes de la péninsule Ibérique, du Maroc, du Soudan et du Sénégal, les îles du cap Vert, la mer des Sargasses, les Açores.

Pêches et Chasses zoologiques, par le marquis de FOLIN, 1893, 1 vol. in-16 de 332 pages, avec 117 fig.... 3 fr. 50

Les pêches que l'on peut exécuter sur le littoral ou à quelque distance en mer, sur un canot de pêcheur, sont susceptibles de répondre aux exigences de tous les goûts. M. de Folin passe d'abord en revue la pêche des animaux inférieurs, infusoires, rhizopodes, éponges, hydres, méduses, actinies, étoiles de mer, comatules, oursins, holothurides; vers et mollusques, puis celle des crustacés, crabes et crevettes. Les poissons qui vivent sur nos côtes sont nombreux, M. de Folin passe en revue la pêche de l'anchois et de la sardine, du thon et du maquereau, du saumon, de l'alose, de l'éperlan, sans oublier la pêche du petit poisson à marée basse. Enfin, il termine par la chasse des insectes, des oiseaux et des mammifères de nos côtes.

Les Sciences d'observation au Moyen Age, lord BACON, par JUSTUS de LIEBIG. Traduit et annoté par P. de TCHIHATCHEFF, correspondant de l'Institut, 1894, 1 vol. in-18 de 328 pages..... 3 fr. 50

La Lutte pour l'Existence chez les Animaux marins, par LÉON FRÉDÉRICQ, professeur à l'Université de Liége, 1 vol. in-16 de 304 pages, avec 50 figures. 3 fr. 50

Le livre de M. le professeur Frédéricq sera lu avec un vif intérêt par toutes les personnes curieuses des choses de la science, car il a toutes les qualités des excellents ouvrages de vulgarisation, que, seuls savent bien faire les savants eux-mêmes quand ils veulent y consacrer leurs loisirs. Il constitue en même temps pour les zoologistes un recueil précieux où ils trouveront réunis nombre de faits épars dont l'intérêt est spécialement mis en lumière par la manière méthodique dont ils ont été groupés par l'auteur.

Les Industries des Animaux, par FRÉD. HOUSSAY, maître de conférences à l'Ecole normale supérieure, 1890, 1 vol. in-16 de 312 pages, avec 47 figures..... 3 fr. 50

Les animaux s'industrient à se nourrir, à se loger, à se défendre, certains vont jusqu'à en réduire d'autres en esclavage. M. Houssay expose avec beaucoup de savoir ces traits de mœurs des animaux. Il voit dans leur manifestation la preuve d'une intelligence qui n'est pas essentiellement différente de la nôtre et un nouvel argument en faveur de l'hypothèse transformiste.

Les Sociétés chez les Animaux, par PAUL GIROD, professeur à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand, 1891, 1 vol. in-16 de 342 pages, avec 53 figures..... 3 fr. 50

Les associations indifférentes. Les associations réciproques. Les associations permanentes. Les associations chez les arthropodes. Les associations coloniales, les colonies des tuniciers et des bryozoaires. Les polypiers. Les vers et les colonies linéaires. Les colonies de protozoaires. Les commensaux et les parasites.

Les Facultés mentales des Animaux, par le Dr FOVEAU DE COURMELLES, 1890, 1 vol. in-16 de 352 pages, avec 31 figures..... 3 fr. 50

L'instinct. Les qualités et les défauts des animaux. Les facultés instinctives. Les facultés de conception. La mimique expressive. La peur et ses manifestations. La mort et le sommeil. Le sommeil provoqué. La prévision et la notion du temps. L'eau, le feu et les dérivés. Les habitations et les industries. La sensibilité. Les émotions. Les affections et les passions.

Les Sens chez les Animaux inférieurs, par E. JOURDAN, professeur à la Faculté des sciences de Marseille, 1 vol. in-16 de 320 pages, avec 48 figures..... 3 fr. 50

On trouvera dans ce volume un excellent exposé de l'ensemble des connaissances acquises, à l'heure actuelle, sur la physiologie des animaux invertébrés. Tout en restant exact, M. le professeur Jourdan, que de remarquables travaux antérieurs avaient parfaitement préparé à cette tâche, a su donner à son ouvrage une allure qui permet de le lire d'un bout à l'autre sans fatigue. Après un exposé sommaire de la constitution générale des êtres organisés, il consacre ses différents chapitres à l'irritabilité et à la sensibilité, puis au toucher, au goût, à l'odorat, à l'ouïe, à la vue et à l'action de la lumière, décrivant la structure des organes sensoriels des Cœlentérés, des Echinodermes, des Vers, des Mollusques, des Arthropodes.

Le Cerveau et l'Activité cérébrale, au point de vue psycho-physiologique, par AL. HERZEN, professeur à l'Académie de Lausanne, 1887, 1 vol. in-16 de 312 pages..... 3 fr. 50

Au moment où les études de psycho-physiologie ont le privilège d'attirer l'attention de tous les esprits cultivés, M. le Dr Herzen aborde et résout le problème si troublant de l'activité cérébrale, il explique non par des hypothèses, mais par des données scientifiques, les plus précises, comme l'homme pense, sent et veut. Son livre, empreint des doctrines modernes, sera favorablement accueilli à la fois par les physiologistes et les philosophes.

L'Evolution du Système nerveux, par le Docteur H. BEAUNIS, 1890, 1 vol. in-16 de 320 p., avec 236 fig. 3 fr. 50

L'étude de l'innervation est une des plus intéressantes de la physiologie. M. Beaunis a pensé que l'exposé général et complet de l'évolution du système nerveux dans la série animale pouvait présenter un réel intérêt. D'innombrables travaux ont été publiés sur la question, mais aucun travail ne résumait tous ces matériaux épars de façon à en pouvoir tirer des déductions générales. C'est ce qu'a entrepris M. Beaunis, et il a réussi pleinement. Ce petit volume très clair, illustré de 236 figures, est facile à lire malgré sa concision, il donne de précieux renseignements sur une foule de points généralement peu connus. (*Médecine Moderne*)

Le Génie, la Raison et la Folie, le démon de Socrate, application de la science psychologique à l'histoire, par L.-F. LÉLUT, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine, 1 vol. in-16, de 348 pages..... 3 fr. 50

L'Anthropologie criminelle, par le Dr X. FRANCOTTE, professeur à l'Université de Liège, 1891, 1 vol. in-16, de 308 pages, avec 37 figures..... 3 fr. 50

L'anthropologie criminelle est née d'hier et déjà les travaux auxquels elle a donné lieu se sont multipliés dans d'énormes proportions. C'est que cette science nouvelle est bien faite pour exciter la curiosité et pour provoquer les recherches. Elle soulève les problèmes les plus graves : elle intéresse non seulement le médecin, l'aliéniste, mais encore le magistrat, le juriste, le législateur.

En écrivant ce livre, M. Francotte s'est proposé de contribuer à sa vulgarisation ; il a cherché à en fixer l'état actuel, à dégager les faits, les données positives, et, à la lumière de ces faits, d'apprécier la valeur des théories qui ont été émises et des conditions qui ont été formulées.

L'ouvrage est divisé en trois parties : 1° Examen du type criminel : caractères anatomiques, physiologiques, pathologiques et psychologiques; hérédité et récidivité ; 2° interprétation du type criminel ; théorie atavistique et théorie pathologique ; 3° applications des doctrines de l'anthropologie criminelle et de la législation pénale. L'ouvrage se termine par un exposé de la méthode des signalements anthropométriques de Bertillon.

C'est un excellent travail de vulgarisation. L'exposition des faits et des doctrines y est lucide et complète. La critique en est impartiale. (*Revue philosophique*).

Les Irresponsables devant la Justice, par le Dr A. RIANT, 1888, 1 vol. in-16, de 306 pages..... 3 fr. 50

M. Riant a fait, dans ce nouveau travail, œuvre de juriste et de médecin, en discutant au profit de tous et spécialement des médecins-experts, des magistrats, des avocats, la valeur scientifique de tant de prétextes invoqués pour établir l'irresponsabilité morale et pénale, et en soumettant à une sévère critique la valeur des troubles de la volonté et de la liberté dans les nombreuses formes des maladies mentales. La correction et l'élégance du style ajoutent au mérite d'un livre que recommande l'intérêt et l'actualité du sujet, l'élévation, l'autorité juridique et médicale de l'auteur.

(*Bull. de l'Académie de Médecine*).

Les Merveilles du Corps humain, sa structure et son fonctionnement, par E. COUVREUR, chef des travaux de physiologie à la Faculté de médecine de Lyon, 1889, 1 vol. in-16, de 368 pages, avec 120 figures ..... 3 fr. 50

En dehors des savants, ceux qui ont une connaissance exacte de la structure du corps humain et de la manière dont il fonctionne sont assez rares. C'est pourtant là une connaissance primordiale. Mais tout le monde n'a pas les loisirs nécessaires pour étudier le corps de l'homme tant au point de vue anatomique qu'au point de vue physiologique.

L'étude de l'homme dans tous ses détails est longue et difficile, mais ces détails ne sont utiles qu'au petit nombre ; ce qui est indispensable à tous, ce sont des notions générales, représentant dans leurs grandes lignes les résultats auxquels on est arrivé dans l'état actuel de la science. Ce sont ces notions que M. Couvreur a réussi à mettre à la portée de tous.

La Vie et ses Attributs dans leurs rapports avec la philosophie et la médecine, par le Dr E. BOUCHUT, professeur agrégé à la Faculté de médecine, médecin des hôpitaux. *Deuxième édition*, 1 vol. in-16, de 450 pages..... 3 fr. 50

La vie en général. — Définition de la vie. — Origine de la vie sur le globe. — Génération. — Attributs de la vie. — Impressibilité. — Acclimatation. — Sympathies. — Promorphose. — Force vitale dans ses rapports avec la philosophie et la médecine. — Nature de l'homme. — Mort. — Où finit la science apparaît la foi.

L'Hygiène à l'École, *pédagogie scientifique*, par le Dr COLLINEAU, 1889, 1 vol. in-16, de 314 p., avec 50 fig. 3 fr. 50

L'école. — La lecture. — L'écriture. — La myopie scolaire et l'astigmatisme. — Le surmenage cérébral. — La discipline scolaire. — La gymnastique à l'école. — Les colonies de vacances. — Les terreurs nocturnes dans le jeune âge. — L'astuce chez l'enfant. — La suggestion en pédagogie.

Le Surmenage intellectuel et les exercices physiques, par le Dr A. RIANT, 1889, 1 vol. in-16, de 342 pages. 3 fr. 50

Surmenage intellectuel des enfants et des adolescents : écoliers, élèves, étudiants. — Surmenage et surmenés. — Causes du surmenage. — Effets. — Remèdes. — Surmenage intellectuel des adultes : hommes de lettres, savants, professeurs, artistes. — Caractères et conséquences. — Faut-il s'user ou se rouiller ?

Les Exercices du Corps, le développement de la force et de l'adresse, par E. COUVREUR, chef des travaux de physiologie à la Faculté de médecine de Lyon, 1891, 1 vol. in-16, de 351 pages, avec 78 figures ..... 3 fr. 50

La machine animale et son mécanisme. — Squelette et muscles. — Contraction musculaire. — Travail du muscle. — Usure et réparation du muscle. — L'exercice et les organes. — Etude des principales allures chez l'homme. — Marche. — Course. — Saut et galop. — Applications pratiques. — Classification des exercices. — Mécanisme des exercices. — Gymnastique. — Danse. — Lutte. — Natation. — Patinage. — Escrime. — Equitation. — Canotage. — Vélocipédie. — Résultats généraux. — Hygiène des exercices du corps.

Le Microscope et ses applications à l'étude des végétaux et des animaux, par ÉDMOND COUVREUR, chef des travaux de physiologie à la Faculté des sciences de Lyon, 1 vol. in-16 de 350 pages, avec 112 figures..... 3 fr. 50

Les études microscopiques ont fait de tels progrès, le matériel et les procédés d'observation se sont tellement perfectionnés que le volume de M. Couvreur, au courant de toutes les découvertes récentes, rendra de grands services aux travailleurs en leur épargnant de longs et pénibles tâtonnements.

La Cellule animale, sa structure et sa vie, par J. CHATIN, professeur-adjoint d'histologie à la Faculté des sciences de Paris, 1892, 1 vol. in-16 de 304 pages, avec 149 figures.... 3 fr. 50

Ce livre, rempli de considérations intéressantes pour tous ceux que passionnent les hauts problèmes d'histologie et de biologie générales, s'adresse cependant d'une façon spéciale aux élèves des Facultés des sciences, qui préparent la licence et l'agrégation ; il est appelé à leur faciliter beaucoup les épreuves en les initiant aux principales manipulations de technique histologique.

Les Anomalies chez l'Homme et chez les animaux, par L. BLANC, chef des travaux anatomiques à l'Ecole vétérinaire de Lyon. Introduction par le professeur DARESTE, 1893, 1 vol. in-16 de 328 pages, avec 127 figures..... 3 fr. 50

Les anomalies envisagées comme phénomènes biologiques. Les anciennes croyances sur l'origine des anomalies. Origine des anomalies et des monstruosités, tératogénie. Les nains et les géants. Les anomalies de la peau, des viscères, des membres et du tronc, de la tête. Les organes génito-urinaires et l'hermaphrodisme. Les monstres doubles, leur mode de formation, leur condition d'existence. Fréquence, viabilité, puissance héréditaire des êtres anormaux. Les anomalies et la société civile religieuse.

L'Evolution sexuelle dans l'Espèce humaine, par le Dr SICARD, doyen de la Faculté des sciences de Lyon, 1892, 1 vol. in-16 de 320 pages, avec 94 figures..... 3 fr. 50

Il existe entre l'homme et la femme des différences physiques et morales considérables. Ces différences portent sur la plupart des organes du corps dont elles modifient en même temps l'allure, la taille, etc. ; elles sont toutes aussi nombreuses et importantes dans le domaine de la vie psychique. Enfin, à côté de ces différences innées, il en est d'autres que la civilisation et l'éducation ont créées. M. Sicard s'est proposé d'en rechercher l'évolution dans l'espèce humaine et d'en trouver l'origine et l'explication en les étudiant, d'abord chez les animaux, puis dans les races humaines les plus inférieures pour s'élever enfin jusqu'à l'homme civilisé.

L'Evolution du Système nerveux, par le Dr H. BEAUNIS, 1890, 1 vol. in-16 de 320 p., avec 236 fig.. 3 fr. 50

L'étude de l'innervation est une des plus intéressantes de la physiologie. M. Beaunis a pensé que l'exposé général et complet de l'évolution du système nerveux dans la série animale pouvait présenter un réel intérêt. D'innombrables travaux ont été publiés sur la question mais aucun travail ne résumait tous ces matériaux épars de façon à en pouvoir tirer des déductions générales. C'est ce qu'a entrepris M. Beaunis et il a réussi pleinement. Ce petit volume très clair, illustré de 236 figures, est facile à lire malgré sa concision, il donne de précieux renseignements sur une foule de points généralement peu connus.

Les Théories et les Notations de la Chimie moderne, par A. de SAPORTA. Introduction par C. FRIEDEL, de l'Institut, 1 vol. in-16 de 336 pages..... 3 fr. 50

Ce volume débute par une introduction de M. Friedel, en faveur de l'emploi de la notation atomique, aujourd'hui usitée dans le monde entier. Cet ouvrage sera d'un grand secours aux jeunes chimistes qui ont besoin de se mettre, dès le principe, au courant de la notation chimique et de la constitution des corps.

Le Lait, études chimiques et microbiologiques, par EMILE DUCLAUX, de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences, 1894, 1 vol. in-16 de 376 pages, avec figures..... 3 fr. 50

M. Duclaux considère le lait suivant les diverses formes qu'il revêt avant d'entrer dans la consommation : *lait*, *beurre* et *fromage*.

Constitution physique du lait, analyse du beurre, action de la lumière et des microbes sur la matière grasse du lait. La caséine, la présure et les éléments du lait, exposé des méthodes d'analyse du lait. La coagulation du lait par la prématuration des fromages, analyse des fromages, composition des divers fromages (Cantal, Brie, Roquefort, Gruyère, Parme et Hollande).

La Lumière et les Couleurs, au point de vue physiologique, par A. CHARPENTIER, professeur à la Faculté de Nancy, 1888, 1 vol. in-16 de 352 pages..... 3 fr. 50

Dans une première partie, l'auteur est entré dans des considérations générales sur la lumière, sur l'appareil visuel et sur les effets physiologiques extérieurs ou objectifs produits par l'énergie lumineuse ; dans la seconde partie il nous initie à ses travaux multiples sur les sensations de la vue.

L'Alcool au point de vue chimique, agricole, industriel, hygiénique et fiscal, par A. LARBALÉTRIER, professeur à l'Ecole pratique d'agriculture du Pas-de-Calais, 1 vol. in-16 de 312 pages, avec 62 figures..... 3 fr. 50

Propriétés physiques. Caractères chimiques. Dérivés. Matières alcoolisables. Fermentation alcoolique. Distillation. Alcools d'industrie. Purifications et rectification. Spiritueux et liqueurs alcooliques. Altérations et falsifications. Action sur la santé. Usages. Impôts.

La Coloration des Vins par les couleurs de la houille, par P. CAZENEUVE, professeur de chimie à la Faculté de Lyon, 1 vol. in-16 de 318 pages, avec 1 planche..... 3 fr. 50

M. Cazeneuve a réuni tous les documents relatifs à l'emploi, pour la coloration des vins, des matières colorantes extraites de la houille.

La première partie est consacrée à l'étude toxicologique de ces composés.

La deuxième partie, consacrée à la recherche chimique des couleurs de la houille dans les vins, énumère les caractères généraux du vin naturel, des vins fuchsinés, sulfofuchsinés, colorés par la safranine, les rouges azoïques, etc.

La troisième partie, la plus importante, est intitulée : *Marche systématique pour reconnaître dans un vin les couleurs de la houille.*

L'Hygiène à Paris, l'Habitation du Pauvre, par le Dr O. DU MESNIL, membre du comité consultatif d'hygiène de France, préface par J. Simon (de l'Institut), 1890, 1 vol. in-16, de 222 pages..... 3 fr. 50

Depuis longtemps M. du Mesnil combat l'insalubrité du logement du pauvre. Cet ouvrage est un recueil de notes sur les principaux quartiers où se trouvent ces déplorables taudis, sur les améliorations obtenues et ce qu'il reste à faire. L'auteur établit la portée d'influence de l'habitation sur la mortalité, et expose les modifications qu'il faudrait introduire dans la législation et dans le régime de la bienfaisance. C'est un document que liront avec intérêt tous ceux qui s'occupent de l'habitation des classes ouvrières dont on comprend mieux que jamais l'importance au point de vue social.

(*Le Mouvement hygiénique*).

Les nouvelles Institutions de Bienfaisance, *les dispensaires pour enfants malades, l'hospice rural,* par le Dr A. FOVILLE, membre de l'Institut, inspecteur général des établissements de bienfaisance, 1888, 1 vol. in-16, de 256 pages, avec 10 plans..... 3 fr. 50

L'ouvrage est surtout consacré à l'étude des dispensaires pour enfants malades. L'auteur prend comme base celui du Havre qui a si bien réussi. Il existe des établissements du même genre à Rouen, à Clermont-Ferrand, et surtout à Paris. Il est évident que toute grande ville devrait être pourvue d'un dispensaire pour enfants, car on assure ainsi à ces petits êtres des soins suffisants tout en évitant l'hospitalisation impossible à cause du nombre de ceux qui se présentent. Dix plans enrichissent ce travail intéressant, qui se termine par une étude sur l'hospice rural. (*L'Union médicale*).

Hygiène de l'Esprit, par J.-H. RÉVEILLÉ-PARISE, membre de l'Académie de médecine. Physiologie et hygiène des hommes livrés aux travaux intellectuels, gens de lettres, artistes, savants, hommes d'Etat, jurisconsultes, etc., 1880, 1 vol. in-16, de 435 pages..... 3 fr. 50

Trop souvent les hommes d'étude sont mal servis par leur santé; trop souvent aussi ils la compromettent par l'excès de leur travail. Ils trouveront dans ce livre de sages préceptes qui les aideront à conserver leur santé.

Cet ouvrage est écrit d'un style clair et imagé. On y trouve des remarques fines et profondes qui dénotent non-seulement un observateur attentif, mais un penseur et un philosophe.

La Vie du Soldat au point de vue de l'Hygiène, par le Dr RAVENEZ, médecin-major à l'école de cavalerie de Saumur, 1889, 1 vol. in-16, de 375 pages, avec 55 figures..... 3 fr. 50

Recrutement militaire. — Incorporation. — Alimentation. — Habitation du soldat. — Habillement du soldat. — Equipement. — Charge du soldat. — Education intellectuelle et physique du soldat. — Service de santé de l'armée. — Hygiène de guerre.

Hygiène navale, moyens de conserver la santé des gens de mer, par le Dr MAHÉ, professeur des Écoles de médecine navale. 1 vol. in-16 de 451 pages..... 3 fr. 50

Etude de l'homme de mer. — De la santé. — Hygiène des gens de la machine. — Du navire et de son influence. — Action de l'air marin. — Des climats. — De la nourriture de l'homme de mer. — Des boissons de l'homme de mer. — De l'abus des boissons. — Des punitions et récompenses de l'homme de mer.

Hygiène des Gens du Monde, par le Dr A. DONNÉ, recteur de l'Académie de Montpellier. *Deuxième édition*, 1878, 1 vol. in-16, de 448 pages ..... 3 fr. 50

Hygiène des âges. — Des saisons. — Exercices et voyages de santé. — Eaux minérales. — Bains de mer. — Hydrothérapie. — La fièvre. — Hygiène de la peau. — Des poumons. — Des dents. — De l'estomac. — Des fumeurs. — Des oreilles. — Des yeux. — Des femmes nerveuses. — La toilette et la mode.

Hygiène des Familles, par le Dr CORIVEAUD, 1890, 1 vol. in-16 de 322 pages ..... 3 fr. 50

Hygiène individuelle. — Hygiène alimentaire. — L'obésité et son régime. — Le diabète et son régime. — Hygiène de la bouche et de la vue. Remèdes et médicaments. — Les bains. — Le sommeil. — La suggestion mentale. — Les fous. — Hygiène sociale.

L'Art de prolonger la Vie, par le Dr HUFELAND. 1896, 1 vol. in-16, de XIV-372 pages ..... 3 fr. 50

Histoire de la macrobiotique. — Examen de la force vitale. — Durée de la vie des plantes. — Durée de la vie des animaux. — Durée de la vie humaine. — Détermination du terme de la vie. — Causes qui abrègent la vie. — Moyens de prolonger la vie.

Scènes de la Vie médicale, par le Dr J. CYR, 1888, 1 vol. in-16, de 292 pages ..... 3 fr. 50

Mon premier accouchement. — Mon mariage. — Une consultation. — La vie médicale de petite ville. — Une bonne fortune. — Une conquête embarrassante. — Le choix d'une spécialité. — Histoire d'un médicament. — Prenez mon eau. — Un banquet médical. — La fondation d'un journal. — Un dîner chez le laryngologiste. — Variétés de consultants, etc.

Les Signes de la Mort et les moyens de prévenir les inhumations prématurées, par le Dr BOUCHUT. *Ouvrage couronné par l'Institut. Troisième édition*, 1883, 1 vol. in-16 de 492 pages, avec 17 figures ..... 3 fr. 50

Faits de mort apparente publiés avant et après l'auscultation. — Recherches sur la vie. — Signes éloignés et immédiats de la mort. — Signes de la mort apparente. — — Moyens de prévenir les inhumations prématurées. — Constatation et vérification des décès.

Les Maladies évitables. Prophylaxie, hygiène publique et privée, par le Dr GEORGES J.-B. BAILLIÈRE, 1898, 1 vol. in-16, 250 pages ..... 3 fr. 50

S'inspirant des idées de M. le Professeur Brouardel et de M. le Dr Charrin, l'auteur étudie le rôle de l'organisme qui constitue le *terrain*, et le rôle des différents éléments contenant le *germe*, dans la propagation des maladies contagieuses. Le terrain et le germe sont les deux facteurs essentiels de la maladie.

Après avoir donné les preuves du rôle du terrain, il indique les mesures prophylactiques destinées à maintenir l'organisme en bon état et à prévenir son envahissement par les germes infectieux. Il passe ensuite en revue les preuves de la contagion par l'air, l'eau, le sol, les aliments, et il indique pour chacun les moyens à mettre en œuvre pour éviter la transmission des germes par l'air, l'eau, le sol, les aliments,

La Suggestion mentale et les Variations de la personnalité, par les Drs BOURRU et BUROT, 1895, 1 vol. in-16, de 350 pages, avec 15 planches..... 3 fr. 50

Les faits racontés par MM. Bourru et Burot sont tellement surprenants que les auteurs eux-mêmes ont pu douter au premier abord de leur réalité. Mais les expériences de contrôle qu'ils ont instituées ont confirmé ce qu'ils avaient vu. L'hypnotisme leur a permis d'étudier les troubles de la personnalité en provoquant des hallucinations comparables aux rêves qui viennent parfois assaillir l'homme bien portant, mais plus souvent encore le malade. C'est un livre essentiellement personnel sur une question pleine d'actualité. (*Journal de médecine*).

Hypnotisme, double conscience et altérations de la personnalité, par le Dr AZAM, professeur à la Faculté de médecine de Bordeaux, avec une préface par le professeur CHARCOT, 1887, 1 vol. in-16, de 283 pages, avec figures..... 3 fr. 50

Ce volume est formé par la réunion des mémoires publiés par M. Azam; il présente un réel intérêt qui, dit M. Charcot, n'est pas seulement historique, l'analyse retrouvant dans la description de l'auteur la plupart des phénomènes somatiques psychiques (anesthésie, hyperesthésie, contracture, catalepsie) que l'on a depuis appris à provoquer. Aussi, est-ce justice de rappeler l'attention sur celui qui a été à la peine alors que de tels travaux n'étaient pas en honneur. (*Revue de médecine*).

Le Somnambulisme provoqué, études physiologiques et psychologiques, par H. BEAUNIS, professeur à la Faculté de Nancy. 2e *édition*, 1887, 1 vol. in-16, de 292 p., avec fig 3 fr. 50

Parmi les nombreuses publications relatives à la suggestion et à l'hypnotisme, une des plus importantes est celle du professeur Beaunis. L'autorité de l'auteur, qui est un de nos meilleurs physiologistes, qui a publié le livre le plus suivi comme traité de physiologie, et qui a certainement appliqué dans toute leur rigueur à ses expériences les lois de la méthode expérimentale, donne un poids considérable à ces récits, qui ouvrent à l'esprit des perspectives troublantes. (*Polybiblion*).

Les Morphinomanes, par le Dr GUIMBAIL, ancien interne des asiles d'aliénés, 1892, 1 vol. in-16, de 312 pages. 3 fr. 50

Le chemin de la morphinomanie. — Les prédestinés de la morphinomanie. — Ephémère volupté, supplice durable. — Les troubles physiques de la morphinomanie. — Les troubles de l'intelligence chez les morphinomanes. — La morphinomanie au point de vue médico-légal. — Le traitement de la morphinomanie.

L'Alcoolisme, dangers et inconvénients pour l'individu, la famille et la société, par le Dr BERGERET, 1889, 1 vol. in-16 de 380 pages..... 3 fr. 50

Usages des boissons alcooliques. — Action physiologique des boissons. — Empoisonnement accidentel par les boissons alcooliques. — Empoisonnement habituel. — Influence de l'abus des boissons sur les maladies épidémiques. — Combustibilité du corps chez les buveurs d'eau-de-vie. — Traitement de l'ivresse et de l'ivrognerie. — Pénalités contre l'ivrognerie.

Le Monde des Rêves. Le rêve, l'hallucination, le somnambulisme et l'hypnotisme, l'illusion, les paradis artificiels, par P. MAX SIMON, 2e *édition*, 1888, 1 vol. in-16 de 355 pages. 3 fr. 50

Il est difficile de trouver sur ce sujet attachant un ouvrage plus agréable à lire et plus rempli de faits. Après avoir établi ce que c'est que le rêve et montré les rapports qui l'unissent à l'organisme et à l'esprit, l'auteur étudie l'hallucination visuelle, celle de l'ouïe, de la sensibilité de l'odorat et du goût. Des chapitres sont consacrés au somnambulisme, à l'extase et à l'hypnotisme, tous sujets à la mode. Les pages sur l'illusion et sur les paradis artificiels dus à l'opium, au haschisch, doivent être méditées par tous ceux qui, sur la foi de quelques descriptions littéraires, espèrent trouver dans un empoisonnement chronique des joies extatiques.

Les Maladies de l'Esprit, par P. MAX SIMON, médecin en chef des Asiles d'aliénés, 1892, 1 vol. in-16 de 319 p. 3 fr. 50

Ce volume résume l'état actuel de la science sur cette question si troublante des altérations de l'être psychique frappé par la maladie.

Méthodiquement conçu, bien divisé, pourvu de faits d'une lecture facile et agréable, il s'adresse non-seulement aux médecins, mais aussi et surtout au public lettré, auquel il offre un tableau fidèle de ces déséquilibrés qu'on heurte si fréquemment dans la vie sans reconnaître leur véritable nature. A une époque où les maladies de l'esprit augmentent avec une proportion aussi effrayante que constante, ce volume vient à son heure et son actualité menace de ne pas cesser de sitôt.

La Folie à Paris. Étude statistique, clinique et médico-légale, par le Dr PAUL GARNIER, médecin en chef de la Préfecture de police. Préface par J.-C. BARBIER, président de la Cour de Cassation, 1890, 1 vol. in-16 de 424 pages..... 3 fr. 50

C'est le résumé du vaste service de l'infirmerie de la Préfecture de police que M. Garnier donne dans ce volume. Dans une 1re partie, il donne le mouvement de l'aliénation mentale à Paris, où le nombre des cas de folie va toujours croissant. Dans son étude clinique, M. Garnier donne un choix d'observations typiques d'alcoolisme, de paralysie générale, et de délire des dégénérés. Le livre se termine par une série de *rapports médico-légaux*, qui sont comme les images destinées à illustrer le texte ; les aliénés criminels, les dégénérés à monomanies bizarres, les exhibitionistes, les persécutés assassins y sont passés en revue, de telle sorte que le lecteur fixe dans sa mémoire des types précis et inoubliables.

La Folie chez les Enfants, par le Dr MOREAU (de Tours), 1888, 1 vol. in-16 de 444 pages ..... 3 fr. 50

Livre très intéressant, méritant une lecture spéciale, de tous ceux qui doivent diriger l'éducation des enfants. Toutes les influences morbides, soit de l'ordre physique (tempérament, climats, puberté, onanisme, intoxications, phtisie, scrofule, chlorose, affections aiguës et intermittentes, traumatisme, etc.), soit de l'ordre moral (imitations, influence des mœurs, éducation, caractères, impressions violentes, sentiment religieux, passions, excès en travaux intellectuels, etc.), donnent lieu aux dégénérescences. L'étude des formes psychiques, leur diagnostic, leur pronostic et leur traitement ont reçu les mêmes développements.

Fous et Bouffons, étude physiologique, psychologique et historique, par le Dr MOREAU (de Tours), 1885, 1 vol. in-16 de 228 pages..... 3 fr. 50

Le docteur Paul Moreau (de Tours) a résumé dans cette étude les observations les plus intéressantes sur les êtres disgraciés de la nature, au moral et au physique.

Les fous et bouffons de l'histoire ont, par leur caractère singulier, par une réunion étrange d'intelligence et d'imbécillité, excité un vif étonnement. Des désordres physiques coïncident le plus souvent avec un développement anormal des facultés intellectuelles, et la classe des bouffons qui pendant de longs siècles occupa dans la société une place importante, était justiciable de la pathologie et de la psychologie morbide.

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
Rue Hautefeuille, 19, près du boulevard Saint-Germain, PARIS

Encyclopédie Industrielle

Collection de volumes in-16 illustrés de figures

à 5 et 6 francs le volume cartonné

L'Industrie chimique en Allemagne, son organisation scientifique, commerciale, économique, par A. TRILLAT. 1900. 1 vol. in-16 de 500 pages, avec fig., cartonné..... 5 fr.

La *situation générale de l'Allemagne*, au point de vue commercial, économique et géographique, *description* et situation présente *des Industries chimiques*, charbon, métallurgie et salines; la grande industrie chimique: acides, alcalis et dérivés, acide sulfurique, soude, potasse, etc.; l'industrie des produits chimiques de la pharmacie et de la droguerie; l'industrie des couleurs organiques et minérales; engrais, sels ammoniacaux, explosifs, industries sucrières, gélatine, céramique, porcelaine, verrerie, etc.; industries électrochimiques et électrométallurgiques. L'*organisation économique* et institutions patronales. L'*organisation scientifique* et l'enseignement de la chimie appliquée; causes qui ont contribué au progrès des industries en Allemagne, rôle des chambres de commerce et des associations professionnelles, protection des brevets, etc.

L'Industrie chimique, par A. HALLER, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, correspondant de l'Institut. 1895, 1 vol. in-16 de 324 pages, avec figures, cartonné..... 5 fr.

L'industrie et l'enseignement chimique en France et à l'étranger, les produits de la grande industrie chimique, les fabriques et les perfectionnements récents, les produits chimiques et pharmaceutiques, les fabriques de produits nouveaux ou peu connus, les matières colorantes artificielles, les matières premières pour la parfumerie.

Précis de Chimie industrielle, *Notation atomique*, par P. GUICHARD, 1894, 1 vol. in-16 de 422 pages, avec 68 figures, cartonné..... 5 fr.

M. Guichard a adopté la *notation atomique* et a indiqué les noms des corps d'après les principes de la *nomenclature chimique internationale*. Il s'est attaché exclusivement aux applications pratiques. Embrassant à la fois la *Chimie minérale* et *organique*, il a passé en revue les différents éléments et leurs dérivés, en suivant méthodiquement la classification atomique, et en insistant sur les questions industrielles.

Cours de Marchandises, *Les Matières premières, commerciales et industrielles*, par GIRARD, professeur à l'Ecole pratique de commerce et d'industrie de Nîmes. 1900. 1 vol. in-16 de 412 pages, avec 246 figures, cartonné..... 5 fr.

Tous les produits sont étudiés au point de vue de leur origine, de leurs caractères distinctifs, de leurs qualités, de leurs variétés.

Métaux, produits chimiques, matériaux de construction, produits de la dépouille, aliments et médicaments, textiles, papier, matières colorantes.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

L'Industrie agricole, par F. CONVERT, professeur à l'Institut agronomique. 1901. 1 vol. in-16 de 443 pages, cart.. 5 fr.

Climat, sol, population de la France.

Les céréales et la pomme de terre. — Le blé. — Pays exportateurs. — Législation. — La farine, le pain, le son. — Le seigle, l'avoine, l'orge, le maïs. — La pomme de terre, les légumineuses alimentaires.

Les plantes industrielles. — Les betteraves à sucre et l'industrie de la sucrerie. — La betterave de distillation et l'alcool. — Les plantes oléagineuses et textiles. — Le houblon, la chicorée à café, le tabac. — La viticulture. — Les vins étrangers, les vins de raisins secs. — L'olivier.

Le bétail et ses produits. — Les espèces chevaline, bovine, ovine, porcine. — Le lait, le beurre et le fromage. — La viande de boucherie. — Le commerce extérieur du bétail. — La laine et la soie. — La production agricole de la France.

Précis de Chimie agricole, par EDOUARD GAIN, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Nancy, 1895, 1 vol. in-16 de 436 pages, avec 93 figures, cartonné ..... 5 fr.

Après avoir étudié le principe général de la nutrition des végétaux, l'auteur trace rapidement l'historique des différentes doctrines relatives à l'alimentation des plantes. Abordant ensuite la physiologie générale de la nutrition, il passe en revue les rapports de la plante avec le sol et l'atmosphère, les fonctions de nutrition, le chimisme dynamique et le développement des végétaux. La deuxième partie traite de la composition chimique des plantes. La troisième est consacrée à la fertilisation du sol par les engrais et les amendements. La quatrième comprend la chimie des produits agricoles.

Analyse et Essais des Matières agricoles, par A. VIVIER, directeur de la Station agronomique et du Laboratoire départemental de Melun. 1897, 1 vol. in-16 de 470 pages, avec 88 figures, cartonné ..... 5 fr.

L'auteur indique les *méthodes générales de séparation et de dosage des éléments les plus importants dans les engrais, dans les sols et dans les plantes.*

Il étudie l'*analyse des engrais* et des *amendements*, et à propos des *engrais commerciaux*, des exigences des plantes, ainsi que des conditions d'emploi des engrais dans les différents sols et pour les différentes cultures. Vient ensuite l'*analyse du sol* et celle des *roches*. L'*analyse des eaux*, les méthodes générales applicables à l'analyse des matières végétales et animales. Enfin, M. Vivier indique l'*application de ces méthodes aux cas particuliers, fourrages, matières premières végétales des industries agricoles, produits et sous-produits de ces industries*, etc.

Le Pain et la Panification, *chimie et technologie de la boulangerie et de la meunerie*, par L. BOUTROUX, professeur de chimie à la Faculté des Sciences de Besançon, 1897, 1 vol. in-16 de 358 pages, avec 57 figures, cartonné ..... 5 fr.

Dans une première partie, M. Boutroux étudie la farine. La seconde partie est consacrée à la transformation de la farine en pain. Etude théorique de la fermentation panaire, opérations pratiques de la panification usuelle, procédés de panification employés en France ou à l'étranger. Composition chimique du pain et opérations par lesquelles le chimiste peut en apprécier la qualité ou y déceler les fraudes. Au point de vue de l'hygiène, valeur nutritive du pain en général et des diverses sortes de pain.

Le Tabac, culture et industrie, par ÉMILE BOUANT, agrégé des sciences physiques, 1901, 1 vol. in-16, 347 pages, avec 104 figures, cartonné ..... 5 fr.

Historique. — Culture. — Technologie. Matières premières. — Fabrication des scaferlatis. — Cigarettes. — Cigares. —Ce la poudre. — Des tabacs à mâcher. —E conomie politique et hygiène.

Les Produits chimiques employés en médecine, *chimie analytique et fabrication industrielle*, par A. TRILLAT. Introduction par P. SCHUTZENBERGER, de l'Institut. 1894, 1 vol. in-16 de 415 pages, avec 67 figures, cartonné ..... 5 fr.

Quatre chapitres sont consacrés à la classification des *antiseptiques*, à leur constitution chimique, à leurs procédés de préparation et à la détermination de la valeur d'un produit médicinal. Vient ensuite une classification rationnelle des produits médicaux, dérivés de la *série grasse* et de la *série aromatique*. Pour chaque substance on trouve : la constitution chimique, les procédés de préparation, les propriétés physiques, chimiques et physiologiques et la forme sous laquelle elle est employée.

Le Pétrole, exploitation, raffinage, éclairage, chauffage, force motrice, par A RICHE, directeur des essais à la Monnaie et G. HALPHEN, chimiste du Ministère du commerce. 1896, 1 vol. in-16 de 484 pages, avec 114 figures, cartonné..... 5 fr.

Gisements et méthode d'extraction et de raffinage, procédés suivis en Amérique, en Russie, en France et en Autriche-Hongrie, pour la séparation et la purification des essences, huiles lampantes, huiles lourdes, paraffines et vaselines.

Applications : éclairage et chauffage ; production d'énergie mécanique ; lubrification. Qualités des différentes huiles et méthodes d'essai.

Verres et Émaux, par L. COFFIGNAL, ingénieur des arts et manufactures. 1 vol. in-16 de 332 pages, avec 129 figures, cartonné..... 5 fr.

La première partie du livre de M. Coffignal est consacrée aux *Verres*. Composition, propriétés physiques et chimiques et analyse des verres, des fours de fusion, produits réfractaires et préparation des pâtes, procédés de façonnage du verre, produits spéciaux, et compositions vitrifiables : verres solubles, verres de Bohême, cristal, verres d'optique, décoration du verre.

La deuxième partie est consacrée aux *Émaux et glaçures*. Composition, matières premières et propriétés des glaçures, fabrication et pose des glaçures, emploi des émaux.

Technologie de la Céramique, par E.-S. AUSCHER, ingénieur des arts et manufactures. 1901, 1 vol. in-16, avec 93 figures, cartonné..... 5 fr.

Classification des poteries. — Argiles, feldspaths, kaolins, quartz, craie, pâtes et couvertes, outillage céramique, préparation des pâtes, façonnage des pièces, préparation des couvertes et émaux, émaillage, séchage et cuisson, encastage, enfournement, fours sans foyer, — à foyers, — à gazogènes, moufles, fours d'essais, décoration des poteries, décors de grand feu et au feu de moufle, colorants céramiques.

Les Industries céramiques, par E.-S. AUSCHER. 1901, 1 vol. in-16, avec 53 figures, cartonné..... 5 fr.

Histoire de la céramique. — Poteries non vernissées poreuses. — Terres cuites. — Briques. — Tuiles. — Tuyaux. — Jarres. — Cuviers. — Alcarazzas. — Pots à fleurs. — Pipes en terre. — Filtres. — Carreaux. — Poteries vernissées à pâte poreuse. — Poteries lustrées. — Faïences stannifères. — Majoliques. — Faïences à vernis transparents. — Couvertes. — Faïences fines. — Poteries vernissées à pâte non poreuse. — Grès. — Porcelaines. — Porcelaines dures. — Porcelaines de Sèvres. — Porcelaines ordinaires. — Porcelaines orientales. — Porcelaines tendres. — Poteries non vernissées à pâte non poreuse. — Biscuits.

La Bière et l'Industrie de la Brasserie,

par PAUL PETIT, professeur à la Faculté des Sciences, directeur de l'Ecole de brasserie de Nancy, 1895, 1 vol. in-16 de 420 pages, avec 74 figures, cartonné..... 5 fr.

Matières premières : Maltage. — Etude de l'eau, du houblon, de la poix — Brassage: Cuisson et houblonnage, refroidissement et oxygénation des moûts. — Fermentation · Maladies de la bière. — Contrôle de fabrication. — Consommation et valeur alimentaire de la bière. — Installation d'une brasserie. — Enseignement technique.

Chimie du Distillateur, *matières premières et produits de fabrication*,

par P. GUICHARD, ancien chimiste de distillerie, 1895, 1 vol. in-16 de 408 pages, avec 75 figures, cartonné.... 5 fr.

Ce volume a pour objet l'étude chimique des matières premières, et des produits de fabrication de la distillerie. M. Guichard étudie successivement les éléments chimiques de la distillerie, leur composition et leur essai industriel.

Microbiologie du Distillateur, *ferments et fermentations*,

par P. GUICHARD, 1895, 1 vol. in-16, de 392 pages, avec 106 figures et 38 tableaux, cartonné..... 5 fr.

Historique des fermentations; matières albuminoïdes; ferments solubles, diastases, zymases ou enzymes; ferments figurés et levures; fermentations; composition et analyse industrielle des matières fermentées, malt, moûts, drèches, etc. Tableaux de la force réelle, des spiritueux, du poids réel d'alcool pur, des richesses alcooliques, etc.

L'Industrie de la Distillation, *levures et alcools*,

par P. GUICHARD, 1897, 1 vol. in-16 de 415 pages, avec 138 figures, cartonné..... 5 fr.

Fabrication des liquides sucrés par le malt et par les acides. — Fermentation de grains, pommes de terre, mélasses, etc. — Industrie de la levûre de brasserie, de distillerie et levure pure. — Fabrication de l'alcool; grains, pommes de terre, mélasses. — Distillation et purification de l'alcool. — Applications : levûres, alcools, résidus.

Placé pendant longtemps à la tête du laboratoire d'une fabrique de levure, M. Guichard a pu apprécier les besoins de cette grande industrie, et le traité qu'il publie aujourd'hui y donne satisfaction, en mettant à la portée des industriels, sous une forme simple, quoique complète, les travaux les plus récents des savants français et étrangers.

Le Sucre et l'Industrie sucrière, par PAUL HORSIN-DÉON,

ingénieur-chimiste, 1895, 1 vol. in-16 de 495 pages, avec 83 figures, cartonné..... 5 fr.

Ce livre passe en revue tout le travail de la sucrerie, tant au point de vue pratique de l'usine, qu'au point de vue purement chimique du laboratoire; c'est un exposé au courant des plus récents perfectionnements. Voici le titre des différents chapitres :

La betterave et sa culture. — Travail de la betterave et extraction du jus par pression et par diffusion, travail du jus, des écumes et des jus troubles, filtration, évaporation, cuite. — Appareils d'évaporation à effets multiples. — Turbinage. — Extraction du sucre de la mélasse. — Analyses. — Sucre de canne ou saccharose. — Glucose, lévulose et sucre interverti. — Analyse de la betterave, des jus, des écumes, des sucres, des mélasses, etc. — Le sucre de canne, culture et fabrication. — Raffinages des sucres.

De la Sobriété, conseils pour vivre longtemps, par L. CORNARO, précédé du *Régime de Pythagore*, d'après le Dr COCCHI, et suivi du *Vrai moyen de vivre plus de cent ans* dans une *santé parfaite*, par L. LESSIUS. 1880, 1 vol. in-16, de 243 p., avec 5 pl. 3 fr. 50

Ces trois singuliers traités jouissent depuis longtemps d'un grand succès de curiosité. Le premier est un panégyrique du *végétarisme* qui revient aujourd'hui à la mode. — Le second est l'autobiographie d'un homme qui, à 35 ans, atteint de nombreuses maladies résultant d'une vie d'excès, sut, en changeant totalement sa vie, devenir centenaire. Le petit traité de Lessius complète heureusement cette petite encyclopédie d'hygiène antique.

Ferments et Fermentations, études des ferments, rôle des fermentations dans la nature et dans l'industrie, par LÉON GARNIER, professeur à la Faculté de Nancy, 1888, 1 vol. in-16, de 318 pages..... 3 fr. 50

En ce siècle de microbes, à côté de ces parasites qui pullulent dans le corps humain en causant des ravages souvent irrémédiables, il est d'autres organismes microscopiques plus modestes d'allures, quoique aussi puissants dans leur action, dont l'homme a sû tirer parti, en les faisant les agents d'opérations industrielles. Ce sont les ferments : l'auteur étudie successivement les ferments, les moisissures, la fermentation alcoolique (levure, bière, vin, koumys, pain), les bactéries, les fermentations, les matières albuminoïdes et en particulier la putréfaction au point de vue des causes qui peuvent l'influencer, les moyens de détruire les germes, et les désinfectants.

Le Cuivre et le Plomb, dans l'alimentation et l'industrie, au point de vue de l'hygiène, par le professeur ARMAND GAUTIER, membre de l'Institut, 1 vol. in-16, de 310 pages.... 3 fr. 50

Deux métaux toxiques nous accompagnent partout : le cuivre et le plomb. Ils nous fournissent nos ustensiles usuels, amènent l'eau dans nos villes, entrent dans la confection des vases où nous préparons nos aliments journaliers.

Quelle est l'influence, sur la santé publique, de l'absorption continue à petite dose, de ces deux métaux ? Le cuivre, contrairement à l'opinion admise, semble, sinon inoffensif, du moins incapable d'entraîner des accidents graves ou mortels. Il en est tout autrement du plomb. Industriels, chimistes, médecins, gens du monde, etc., chacun consultera utilement, cet ensemble de recherches qui touchent à la fois aux questions techniques les plus variées et aux intérêts les plus puissants de l'hygiène et de l'alimentation publique. (*Journal de Pharmacie*).

Les Poisons de l'Air, l'acide carbonique et l'oxyde de carbone, asphyxies et empoisonnements, par N. GRÉHANT, professeur au Muséum, 1890, 1 vol. in-16, de 322 p., avec 21 fig. 3 fr. 50
Ouvrage couronné de l'Académie de médecine.

Propriétés physiques et chimiques de l'acide carbonique. — Dosage de l'acide carbonique. — Action toxique. — Action anesthésique. — Propriétés physiques et chimiques de l'oxyde de carbone. — Absorption. — Elimination. — Applications physiologiques et hygiéniques (Gaz d'éclairage. — Poêles mobiles, etc.).

La Goutte et les Rhumatismes. Guide pratique des goutteux et des rhumatisants, par le Dr REVEILLÉ-PARISE, membre de l'Académie de médecine, 1878, 1 vol. in-16 de 306 pages..... 3 fr. 50

La goutte. — Cause et nature. — Goutte aiguë. — Goutte chronique. — Formes irrégulières de la goutte. — Moyens hygiéniques ou préventifs de la goutte. — Le rhumatisme. — Nature et siège. — Rhumatisme musculaire aigu et chronique. — Sciatique. — Rhumatisme noueux. — Rhumatisme articulaire. — Moyens hygiéniques ou préventifs. — Goutte et rhumatisme.

Hygiène de la Vue, par le Dr X. GALEZOWSKI, professeur d'ophtalmologie, et le Dr KOPFF, médecin-major de 1re classe, 1888, 1 vol. in-16, de 328 pages, avec 44 figures..... 3 fr. 50

Dans la première partie, l'*Hygiène privée*, M. Galezowski traite toutes les questions qui se rapportent à l'individu pris à tous les âges, dans ses rapports avec l'hérédité et avec les différentes conformations de l'œil. Dans la deuxième, *Hygiène publique*, il passe en revue les modifications que peuvent exercer sur la vue des collectivités certaines influences comme le climat, la lumière solaire, l'éclairage artificiel, les écoles, les professions, etc. Chaque chapitre comprend toujours d'une part l'énumération exacte des causes qui peuvent avoir une influence pathologique sur la vue et d'autre part l'exposé des différents moyens pour remédier au mal.

L'Examen de la Vision devant les conseils de révision et de réforme dans la marine, l'armée et les chemins de fer, par le Dr BARTHELEMY, directeur du service de santé de la marine, 1889, 1 vol. in-16 de 336 pages, avec 3 pl. coloriées et 17 figures. 3 fr. 50

Fréquence des affections oculaires. — Conditions de la vision distincte. — Examen du champ visuel. — Myopie. — Hypermétropie. — Altérations de l'appareil de sensation. — Degré de l'acuité nécessaire dans l'armée, la marine.

Les Anomalies de la Vision, par A. IMBERT, professeur à la Faculté de médecine de Montpellier, 1889, 1 vol. in-16 de 365 pages, avec 48 figures..... 3 fr. 50

Ce qu'on entend par anomalies de la vision. — Description de l'œil. — Valeurs des éléments dioptriques de l'œil. — Accommodation. — Divers états de l'œil : emmétropie, myopie, hypermétrophie, presbytrophie, presbytie. — Numérotage des verres. — Acuité visuelle. — Pouvoir accommodatif. — Pouvoir de convergence. — Astigmatisme. — Anisométropie. — Vérification des verres de lunettes.

Hygiène des Orateurs, hommes politiques, magistrats, avocats, prédicateurs, professeurs, artistes, et des personnes destinées à parler en public, par le Dr A. RIANT, 1888, 1 vol. in-16, de 288 pages..... 3 fr. 50

Le nombre des hommes obligés de parler en public, et en état de le faire avec plus ou moins de succès, grandit tous les jours. Quelques conseils ne sont donc pas inutiles à ces orateurs dont les uns négligent, dans l'entraînement de l'art, de compter avec leurs forces; dont les autres, improvisés par les circonstances, abordent, sans examen préalable, sans préparation matérielle suffisante, un rôle trop peu connu, au point de vue des efforts qu'il exige et de la fatigue qu'il impose. Les orateurs sacrés, les hommes politiques, les conférenciers trouveront dans le livre du Dr Riant, les moyens d'apprendre ce qui leur manque pour acquérir l'influence légitime à laquelle leur talent leur donne surtout droit.

Hygiène du Célibat, par le Dr DESMONS. 1901, 1 vol. in-16 de 314 pages..... 3 fr. 50

Le livre du Dr DESMONS est destiné à exposer aux célibataires les principes d'hygiène à suivre pour se bien porter et éviter les maladies contagieuses auxquelles ils sont si souvent exposés.

Savons et Bougies, par JULIEN LEFÈVRE, agrégé des sciences physiques, professeur à l'École des sciences de Nantes, 1894, 1 vol. in-16 de 424 pages, avec 116 figures, cartonné ..... 5 fr.

M. Lefèvre expose d'abord les notions générales sur les corps gras neutres.

Il traite ensuite de la savonnerie et décrit les matières premières, les procédés de fabrication, les falsifications et les modes d'essai. La seconde partie contient la fabrication des chandelles,(moulage des bougies stéariques,fabrication des bougies colorées, creuses, enroulées, allumettes-bougies, etc.). fabrication de la glycérine.

Dans les deux industries, l'auteur s'est appliqué à faire connaître les méthodes et les appareils les plus récents et les plus perfectionnés.

Couleurs et Vernis, par G. HALPHEN, chimiste au Ministère du commerce, 1894, 1 vol. in-16 de 388 pages, avec 29 figures, cartonné..... 5 fr.

Ce livre présente l'ensemble des connaissances générales relatives à la fabrication des couleurs et vernis, tant au point de vue technique que dans leurs rapports avec l'art, l'industrie et l'hygiène.

On trouvera réunis dans ce volume tous les renseignements qui peuvent guider l'artiste ou l'artisan dans le choix des substances qu'il veut employer et le fabricant dans les manipulations qu'entraîne leur préparation. Il a été suivi une marche uniforme à propos de chaque couleur: la synonymie, la composition chimique, la fabrication, les propriétés et les usages. L'auteur a pu recueillir auprès des industries un grand nombre de renseignements pratiques sur les procédés les plus employés.

Les Parfums artificiels, par EUG. CHARABOT, chimiste industriel, professeur d'analyse chimique à l'École commerciale de Paris, 1899, 1 vol. in-16 de 300 pages, avec 25 figures, cartonné 5 fr.

Les parfums synthétiques qui, incontestablement, présentent le plus d'intérêt au point de vue de leurs applications sont: le terpinéol, la vanilline, l'héliotropine, l'ionone, le musc artificiel. Ce sont eux qui ont droit au plus grand développement.

Toutefois l'auteur étudie en outre plusieurs principes naturels à composition définie (linalol, bornéol, safrol) qui servent de matières premières pour la préparation de substances odorantes.

Ce livre rendra service aux chimistes, aux industriels, aux experts.

Cuirs et Peaux, par H. VOINESSON DE LAVELINES, chimiste au Laboratoire municipal, 1894, 1 vol. in-16 de 451 pages, avec 88 figures, cartonné..... 5 fr.

M. Voinesson de Lavelines passe d'abord en revue les peaux employées dans l'industrie des cuirs et peaux, puis les produits chimiques usités en hongroirie et mégisserie, les végétaux tannants et les matières tinctoriales pour les peaux et la maroquinerie. Vient ensuite la préparation des peaux brutes pour cuirs forts, le tannage des cuirs forts et la fabrication des cuirs mous. Les chapitres suivants sont consacrés à l'industrie du corroyeur, qui donne aux peaux les qualités spéciales, nécessaires suivant les industries qui les emploient: cordonniers, bourreliers, selliers, carrossiers, relieurs, etc. L'art de vernir les cuirs, est décrit très complètement. Viennent ensuite la hongroirie, la mégisserie, la chamoiserie et la buffletterie. L'ouvrage se termine par la maroquinerie, l'impression et la teinture sur cuir, la parcheminerie et la ganterie.

L'industrie et le Commerce des Tissus, en France et dans les différents pays, par G. JOULIN, chimiste au Laboratoire municipal, 1895, 1 vol. in-16 de 346 pages, avec 76 fig., cartonné..... 5 fr.

Après avoir décrit les opérations préliminaires du tissage et les opérations spéciales pour étoffes façonnées, M. Joulin consacre des chapitres distincts au coton (filature et tissus de cotons. tissus unis, croisés, façonnés, velours, bonneterie, etc.) au lin, au jute, au chanvre, à la ramie, et à la laine (filature, travail de la laine à cardes et à peigne, draperie, reps, étamine, alpaga, barège, mérinos, velours, peluche, tapis, passementerie, vêtement, etc.).

L'Eau dans l'Industrie, par P. GUICHARD, 1894, 1 vol. in-16 de 417 pages, avec 80 figures, cartonné..... 5 fr.

M. Guichard s'occupe d'abord de l'analyse chimique, microscopique et bactériologique de l'eau, puis de la purification des eaux naturelles, par les procédés physiques ou chimiques. Il passe en revue les différentes espèces d'eaux employées; puis il étudie la fabrication et l'emploi de la glace, et l'emploi de l'eau à l'état liquide dans les industries alimentaires, dans la teinturerie, la papeterie, les industries chimiques, etc. I traite ensuite des eaux résiduaires et de leur purification.

L'Eau potable, par F. COREIL, directeur du laboratoire municipal de Toulon, 1896, 1 vol. in-16 de 359 pages, avec 136 figures, cartonné..... 5 fr.

Éléments et caractères de l'eau potable: Analyse chimique, prise d'échantillon, analyse qualitative et quantitative. Examen microscopique. Analyse bactériologique. Amélioration et stérilisation des eaux.

Les Eaux d'Alimentation, épuration, filtration, stérilisation, par Éd. GUINOCHET, pharmacien en chef de l'hôpital de la Charité, 1894, 1 vol. in-16 de 370 pages, avec 52 fig., cart. 5 fr.

I. *Filtration centrale :* Galeries filtrantes, filtres à sable, puits Lefort, procédés industriels. — II. *Filtration domestique: Epuration par les substances chimiques, filtres domestiques. Nettoyage et stérilisation des filtres* (Nettoyeur André, Expériences de M. Guinochet, stérilisation des bougies filtrantes). — III. *Stérilisation par la chaleur : Action de la chaleur, appareils stérilisateurs.*

L'Industrie du Blanchissage et les blanchisseries, par A. BAILLY, 1895, 1 vol. in-16 de 383 p., avec 106 fig., cart. 5 fr.

Ce livre est divisé en trois parties : 1° *le blanchiment des tissus neufs, des fils et des cotons ;* 2° *le blanchissage domestique du linge dans les familles ;* 3° *le blanchissage industriel.* L'ouvrage débute par une étude des matières premières employées dans cette industrie. A la fin sont groupés les renseignements sur les installations et l'exploitation moderne des usines de blanchisseries : on y trouvera décrite : 1° *l'installation et l'organisation des lavoirs publics ;* 2° *les blanchisseries spéciales du linge des hôpitaux, des restaurants, des hôtels à voyageurs, des établissements civils et militaires ;* 3° *la manière d'établir la comptabilité du linge à blanchir ;* 4° *les relations entre la direction des usines, leur personnel et leur clientèle.*

L'industrie de la Soude, par G. HALPHEN, 1895, 1 vol. in-16 de 368 pages, avec 91 figures, cartonné..... 5 fr.

Cet ouvrage renferme ; 1° L'exposé des propriétés et des modes d'extraction des matières premières ; 2° L'étude des anciennes méthodes de fabrication de la soude ; 3° Un examen détaillé des procédés actuellement en usage dans les soudières, ce qui a nécessité les études spéciales de la fabrication du sulfate de soude, de la condensation de l'acide chlorhydrique, de la régénération de l'ammoniaque et du chlore dans le procédé à l'ammoniaque, de celle du soufre dans les marcs ou charrées de soude Leblanc; 4° Les notions relatives à la fabrication de la soude caustique ; 5° Les principes généraux de fabrication de la soude par la cryolithe et les sulfures doubles.

L'Or, propriétés physiques et chimiques, gisements, extraction, applications, dosage, par L. WEILL, ingénieur des mines. Introduction par U. LE VERRIER, professeur de métallurgie au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'Ecole des mines, 1896, 1 vol. in-16 de 420 pages, avec 67 figures, cartonné..... 5 fr.

Propriétés physiques et chimiques ; dosage. Géologie ; minerais, gisement. Métallurgie; voie sèche, amalgamation et lixiviation. Elaboration : alliages, frappe des monnaies. Orfèvrerie : argenture. Rôle économique : commerce, statistique, avenir.

L'Argent, géologie, métallurgie, rôle économique, par Louis DE LAUNAY, professeur à l'École des mines, 1896, 1 vol. in-16 de 382 pages, avec 80 figures, cartonné..... 5 fr.

Propriétés physiques et chimiques. — Gisements : Gisements filoniens ; Gisements sédimentaires. — Alluvions aurifères. — Extraction. — Applications. — Orfèvrerie. — Médailles. — Monnaies. — Dosage. — Essai des minerais. — Essai des alliages.

Le Cuivre, par Paul WEISS, 1893, 1 vol. in-16 de 344 pages, avec 86 figures, cartonné..... 5 fr.

M. P. Weiss résume en un volume portatif toutes les données actuelles sur les gisements, la métallurgie et les applications du cuivre.

Dans une première partie, M. Weiss passe en revue l'origine, les gisements, les propriétés et les alliages du cuivre. Dans la deuxième partie, il passe en revue le grillage des minerais, la fabrication de la matte bronze, la transformation de la matte bronze en cuivre noir, l'affinage du cuivre brut et le traitement des minerais de cuivre par la voie humide.

La troisième partie traite des applications du cuivre, de son marché, de son emploi, de la fabrication et de l'emploi des planches de cuivre (chaudronnerie, etc.), de l'emploi du cuivre en électricité (tréfilerie, etc.), de la fonderie du cuivre et de ses alliages, enfin des bronzes et laitons.

L'Aluminium, par A. LEJEAL. Introduction par U. LE VERRIER, professeur à l'École des mines, 1894, 1 vol. in-16 de 357 pages, avec 36 figures, cartonné..... 5 fr.

Le volume débute par un exposé historique et économique. Vient ensuite l'étude des propriétés physiques et chimiques de l'aluminium et de ses sels, l'étude des minerais et de la fabrication des produits aluminiques. Les chapitres suivants sont consacrés à la métallurgie (procédés chimiques, électrothermiques et électrolytiques), aux alliages, aux emplois de l'aluminium, à l'analyse et à l'essai des produits aluminiques, enfin au mode de travail et aux usages de l'aluminium.

Le volume se termine par l'histoire des autres métaux terreux et alcalino-terreux : manganèse, baryum et strontium, calcium et magnésium.

Les Minéraux utiles et l'Exploitation des Mines, par KNAB, répétiteur à l'École centrale, 1894, 1 vol. in-16 de 392 pages, avec 76 figures, cartonné..... 5 fr.

Dans une première partie, *Gîte des minéraux utiles*, M. Knab expose les faits géologiques qui mènent à la connaissance du gisement des minéraux. Il décrit les gîtes minéraux, les combustibles minéraux, le sel gemme, les minerais, les mines de la France et des colonies et expose les principes qui doivent guider pour la reconnaissance des mines.

La seconde partie, *Exploitation des minéraux utiles*, traite de l'attaque de la masse terrestre (*abatage, voies de communication, exploitation*), et des transports de toute nature effectués dans le sein de la terre (*épuisement, aérage, extraction*). L'*éclairage*, la *descente des hommes*, les *accidents des mines* forment sous le titre de *Services divers* un groupe à part. Enfin, sous le nom de *Préparation mécanique des minerais*, l'auteur suit les minerais au-delà de l'instant où ils ont été amenés au jour, en vue de les livrer aux usines dans un état mieux approprié aux opérations à subir.

Précis de Physique industrielle, par H. PÉCHEUX, professeur à l'Ecole pratique de commerce et d'industrie de Limoges. Introduction par M. PAUL JACQUEMART, inspecteur général de l'enseignement technique, 1899, 1 vol. in-16 de 570 pages, avec 646 figures, cartonné..... 6 fr.

Le livre de M. Pécheux, répondant exactement au programme de physique des Écoles pratiques de commerce et d'industrie, est appelé à rendre d'utiles services aux élèves des Ecoles pratiques et à tous les jeunes gens qui se destinent à l'industrie et qui doivent se familiariser avec les grands phénomènes physiques qu'ils sont exposés à rencontrer, dans tous les ateliers, en même temps qu'à toute une catégorie de jeunes gens mis dans l'impossibilité de suivre leur enseignement.

Traité d'Électricité industrielle, par R. BUSQUET, professeur à l'Ecole industrielle de Lyon, 1900, 2 vol. in-16 de 500 pages chacun, avec 400 figures, cartonné..... 12 fr.

Il n'existait pas encore un véritable livre d'initiation qui permît d'aborder les questions d'électricité industrielle sans avoir fait au préalable des études spéciales. C'est cette lacune que l'auteur s'est proposé de combler voulant exposer simplement et sans le secours des hautes mathématiques les phénomènes électriques, sans rien sacrifier toutefois des principes exacts qui servent de base à l'électricité industrielle.

Le Monteur électricien, par E. BARNI, ingénieur-électricien et A. MONTPELLIER, rédacteur en chef de *l'Electricien*. 1900, 1 vol. in-16 de 500 pages, avec 120 figures, cartonné..... 5 fr.

Dynamos. — Lampes à arc et à incandescence. — Appareils auxiliaires. — Lignes aériennes et souterraines. — Canalisations intérieures. — Calculs et essais des conducteurs. — Accumulateurs. — Courant alternatif et courants polyphasés. — Distribution de l'énergie électrique. — Moteurs.

La Galvanoplastie, *le nickelage, l'argenture, la dorure, l'électrométallurgie et les applications chimiques de l'électrolyse*, par E. BOUANT, agrégé des sciences physiques, 1894, 1 vol. in-16 de 400 pages, avec 52 figures, cartonné..... 5 fr.

I. *Notions générales sur l'électrolyse* : Unités pratiques de mesure. Sources d'électricité employées dans les opérations électrolytiques. Piles, accumulateurs, machines électrolytiques. — II. *Galvanoplastie*. Moulage. Disposition des bains, formation du dépôt, électrotypie. — III, *Electrochimie* : Décapage, cuivrage, argenture, dorure. Dépôt de divers métaux, coloration et ornementation par les dépôts métalliques. — IV. *Electrométallurgie*. — V. *Applications chimiques de l'électrolyse* : Épuration des eaux, désinfection, blanchiment, fabrication du chlore, tannage, préparation de l'oxygène, etc.

La Traction mécanique et les Voitures automobiles, par G. LEROUX et A. REVEL, ingénieurs du service de la traction mécanique à la Compagnie générale des Omnibus. 1900, 1 vol. in-16 de 394 pages, avec 108 figures, cartonné. 5 fr.

Les auteurs ont d'abord consacré un chapitre spécial à l'examen des organes qui sont communs à tous les systèmes. Puis ils passent en revue les TRAMWAYS A VAPEUR, A AIR COMPRIMÉ et A GAZ, les TRAMWAYS ÉLECTRIQUES et les TRAMWAYS FUNICULAIRES. Les trois derniers chapitres sont consacrés aux VOITURES AUTOMOBILES, *voitures à vapeur, voitures à essence de pétrole et voitures électriques*, et à la description des principaux *types d'automobiles*.

La Santé de nos Enfants, par le Dr CORIVEAUD. 1890, 1 vol. in-16, de 288 pages ..... 3 fr. 50

Hygiène de la première enfance. — Le régime alimentaire chez les nourrissons. — Le pesage. — Le sevrage. — Le bain. — Le vêtement. — Les maladies infantiles et les préjugés populaires. — L'hérédité morbide et la renaissance physique.

Hygiène de la première Enfance. Guide des mères, pour l'allaitement, le sevrage et le choix de la nourrice, par le Dr E. BOUCHUT. *Huitième édition*, 1885, 1 vol. in-16, de 460 pages, avec 53 figures ..... 3 fr. 50

Les Maladies de l'Enfance. Description et traitement homœopathique, par le Dr JOUSSET. 1888, 1 vol. in-16, de 414 pages. Prix ..... 3 fr. 50

Maladies constitutionnelles.— Cachexie. — Fièvre. — Maladies épidémiques. — Névroses. — Maladies des âges. — Maladies parasitaires. — Maladies dn système nerveux, de l'appareil digestif, de l'appareil respiratoire, de l'appareil circulatoire, de l'appareil génito-urinaire, de l'appareil locomoteur. — Maladies du tissu cellulaire de la peau. — Maladies des oreilles et des yeux.

Les Maladies de la Peau chez les enfants, par le Dr CAILLAULT, 1 vol. in-16, de 392 pages ..... 3 fr. 50

Le Lait, par le Dr JULES ROUVIER, professeur à la Faculté française de Beyrouth. Préface du Dr BUDIN. 1892, 1 vol. in-16, de 350 pages, avec figures ..... 3 fr. 50

Composition physiologique et pathologique du lait : Caractères physiques et chimiques, examen et dosage. — Falsifications, mouillage, écrémage, recherches des substances étrangères. — Influences physiologiques : individuelles, alimentaires, médicamenteuses. — Influences des organes de la génération. — Influences pathologiques : impressions morales, diathèses et maladies chroniques, maladies aiguës et infectieuses; affections des mamelles.

Modification du lait au contact de l'atmosphère : Germes de maladies déposés accidentellement dans le lait. — Microorganismes développés accidentellement dans le lait.

Prophylaxie des accidents dus aux laits altérés : Surveillance et organisation des vacheries et laiteries. — Conservation et stérilisation du lait.

Le Secret médical. Honoraires, mariages, assurances sur la vie, déclaration de naissance, expertises, témoignage, déclarations des causes de décès, etc., par le Dr P. BROUARDEL, membre de l'Institut, doyen de la Faculté de médecine de Paris. *Deuxième édition*, 1893, 1 vol. in-16 de 282 pages ..... 3 fr. 50

La question du secret médical soulève de redoutables problèmes. Il est des cas multiples où le médecin se trouve en présence de devoirs contradictoires et également respectables. Doit-il se taire ? Doit-il parler ?

M. Brouardel, à qui ses fonctions de médecin légiste donnent, en la matière, une autorité particulière, vient, en un livre curieux, d'examiner quelques-uns de ces cas, en proposant des solutions qui puissent satisfaire la véritable morale.

Hygiène de la jeune Fille, par A. CORIVEAUD, 1882

1 vol. in-16, de 244 pages..... 3 fr. 50

C'est pour les mères de famille que ce livre a été écrit : elles peuvent l'ouvrir sans crainte, certaines de n'y trouver que de sages et honnêtes conseils. L'auteur a toujours évité d'employer le mot technique dont la rudesse aurait pu effrayer des susceptibilités légitimes.

Il a pris la jeune fille à l'âge où elle n'est plus une enfant, où elle devient une grande fille et l'a conduite jusqu'au mariage. Il a indiqué les dangers que sa santé courait et les moyens de les éviter.

Il a indiqué ce qu'il fallait faire, et ce qu'il fallait éviter sur ces graves sujets qui s'appellent le régime alimentaire, le vêtement, la gymnastique, le séjour à la campagne, les bains de mer, les bals, les soirées, le théâtre.

Le lendemain du Mariage, étude d'hygiène par le Dr CORIVEAUD. 3e *édition*, 1898, 1 vol. in-16, de 268 pages. 3 fr. 50

Avant, pendant et après le mariage, amour, union, maternité, telles sont les étapes que parcourt l'auteur, et chacun de ces temps ou modes, est étudié sous divers aspects : philosophie, histoire, hygiène, pathologie, thérapeutique, etc. (Ce livre est plein de choses instructives, s'adressant spécialement aux gens du monde).

Voici l'index des divers chapitres.

L'amour et le mariage. — La première nuit de noces. — Le voyage de noces. — La chambre à coucher. — Ovulation, fécondation, procréation. — Avant la naissance. — Hygiène de la jeune mère. — Le premier né. — La première dent. — L'enfant malade. — La famille devant le mariage. — Le mariage, ce qu'il est, ce qu'il devrait être.

Hygiène de la Grossesse, par le Dr A. OLLIVIER, chef de service des maladies des femmes à la Policlinique de Paris. 1891, 1 vol. in-16 de 340 pages, avec 60 figures..... 3 fr. 50

La grossesse imprime à l'organisme de la femme des modifications profondes. Dans une première partie. M. Ollivier traite de l'hygiène de la grossesse exempte de toute complication. (Hygiène de l'habitation. — Régime alimentaire. — Exercice et voyage. — Relations conjugales. — Vêtements. — Bains. — Hydrothérapie. — Injections. — Soins à donner aux seins).

Dans la deuxième, il passe en revue les différents phénomènes pathologiques et en indique le traitement.(Troubles des appareils digestif, respiratoire, circulatoire, urinaire.— Inflammation des organes génitaux. — Troubles nerveux. — Maladies de la peau. — Abcès du sein. — Douleurs abdominales, utérines et articulaires. — Hémorragies, fausse-couche.

Hygiène de l'Age de Retour, par le Dr A. CASTAN (de Béziers) de l'Université de Paris, membre de la Société d'Urologie. 1900, 1 vol. in-16, 300 pages..... 3 fr. 50

Le but de cet ouvrage est de permettre de prévenir les maux qui guettent la femme à cette période difficile de l'âge de retour et de les guérir ou d'en enrayer les progrès lorsqu'ils se sont déclarés.

Un coup d'œil jeté sur la table des matières montre le grand intérêt de ce livre.

Ménopause normale : Hygiène de l'habitation; régime alimentaire, exercices physiques; relations conjugales; vêtement et corset; soins intimes de la toilette. — Ménopause pathologique : troubles des divers appareils; hémorragies. — Ménopause opératoire: troubles consécutifs à la castration.

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, 19, RUE HAUTEFEUILLE A PARIS

Chaux et Ciments, par T. LEDUC, directeur technique du laboratoire de contrôle des usines et des essais des chaux et ciments du service du génie militaire. 1902, 1 vol. in-16 de 350 pages, avec figures, cartonné..... 5 fr.

L'Industrie des Matières colorantes, par J. DUPONT, professeur à l'Institut commercial, chargé de conférences technologiques à l'École de physique et de chimie industrielles. Préface par CH. LAUTH, directeur de l'École de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris. 1902, 1 vol. in-16 de 364 pages, avec 31 figures, cartonné..... 5 fr.

Matières colorantes naturelles : Bois de teinture, préparation des extraits. Autres matières végétales : indigo, pastel, garance, gaude, rocou, carthame, orseille, etc. Matières colorantes animales.

Matières colorantes artificielles. Le goudron de houille, traitement, examen des matières premières, produits intermédiaires. Matières diverses : dérivés nitrés, azoïques. Colorants azoïques, hydrazoniques, nitrosés. Dérivés de l'anthracène, du diphénylméthane et du triphénylméthane, de la quinone-imide, etc.

Applications des matières colorantes : les fibres textiles, teinture directe, application sur mordants, formation de la couleur sur la fibre.

La Machine à vapeur, par A. WITZ, docteur ès sciences, ingénieur des arts et manufactures. 2e *édition* entièrement refondue, 1902, 1 vol. in-16 de 350 p., avec 100 fig., cartonné. 5 fr.

Théorie générique et expérimentale de la machine à vapeur. Détermination de la puissance des machines. Classification des machines à vapeur. Distribution par tiroir et à déclic. Organes de la machine à vapeur. Types de machines, machines à grande vitesse, horizontales et verticales. Machines locomobiles demi-fixes et servo-moteurs, machines compactes, machines rotatives et turbo-moteurs.

Les Chemins de fer, par A. SCHŒLLER, ingénieur des arts et manufactures, inspecteur de l'exploitation du chemin de fer du Nord. 2e *édition*, 1902, 1 vol. in-16 de 384 pages, avec 96 figures, cartonné..... 5 fr.

Construction, exploitation, traction. La voie, les gares, les signaux, les appareils de sécurité, la marche des trains, la locomotive, les véhicules, les chemins de fer métropolitains, — de montagne, — à voie étroite. Les tramways et les chemins de fer électriques.

L'Acétylène, par J. LEFÈVRE, professeur à l'École des sciences de Nantes. 1897, 1 vol. in-16 de 400 pages, avec figures, cartonné..... 5 fr.

Le carbure de calcium, préparation et fabrication industrielle, propriétés, rendement. Préparation de l'acétylène. Générateurs divers. Acétylène liquide, dissous. Impuretés et purification. Propriétés chimiques. Éclairage : brûleurs, lampes, etc. Chauffage et force motrice. Applications chimiques. Inconvénients : toxicité, explosibilité. Règlements.

La Bière et l'Industrie de la Brasserie,

par PAUL PETIT, professeur à la Faculté des Sciences, directeur de l'Ecole de brasserie de Nancy, 1895, 1 vol. in-16 de 420 pages, avec 74 figures, cartonné..... 5 fr.

Matières premières : Maltage. — Etude de l'eau, du houblon, de la poix — Brassage: Cuisson et houblonnage, refroidissement et oxygénation des moûts. — Fermentation · Maladies de la bière. — Contrôle de fabrication. — Consommation et valeur alimentaire de la bière. — Installation d'une brasserie. — Enseignement technique.

Chimie du Distillateur, *matières premières et produits de fabrication*,

par P. GUICHARD, ancien chimiste de distillerie, 1895, 1 vol. in-16 de 408 pages, avec 75 figures, cartonné.... 5 fr.

Ce volume a pour objet l'étude chimique des matières premières, et des produits de fabrication de la distillerie. M. Guichard étudie successivement les éléments chimiques de la distillerie, leur composition et leur essai industriel.

Microbiologie du Distillateur, *ferments et fermentations*,

par P. GUICHARD, 1895, 1 vol. in-16, de 392 pages, avec 106 figures et 38 tableaux, cartonné..... 5 fr.

Historique des fermentations; matières albuminoïdes; ferments solubles, diastases, zymases ou enzymes; ferments figurés et levures; fermentations; composition et analyse industrielle des matières fermentées, malt, moûts, drèches, etc. Tableaux de la force réelle, des spiritueux, du poids réel d'alcool pur, des richesses alcooliques, etc.

L'Industrie de la Distillation, *levures et alcools*,

par P. GUICHARD, 1897, 1 vol. in-16 de 415 pages, avec 138 figures, cartonné..... 5 fr.

Fabrication des liquides sucrés par le malt et par les acides. — Fermentation de grains, pommes de terre, mélasses, etc. — Industrie de la levûre de brasserie, de distillerie et levure pure. — Fabrication de l'alcool; grains, pommes de terre, mélasses. — Distillation et purification de l'alcool. — Applications : levûres, alcools, résidus.

Placé pendant longtemps à la tête du laboratoire d'une fabrique de levure, M. Guichard a pu apprécier les besoins de cette grande industrie, et le traité qu'il publie aujourd'hui y donne satisfaction, en mettant à la portée des industriels, sous une forme simple, quoique complète, les travaux les plus récents des savants français et étrangers.

Le Sucre et l'Industrie sucrière,

par PAUL HORSIN-DÉON, ingénieur-chimiste, 1895, 1 vol. in-16 de 495 pages, avec 83 figures, cartonné..... 5 fr.

Ce livre passe en revue tout le travail de la sucrerie, tant au point de vue pratique de l'usine, qu'au point de vue purement chimique du laboratoire; c'est un exposé au courant des plus récents perfectionnements. Voici le titre des différents chapitres :

La betterave et sa culture. — Travail de la betterave et extraction du jus par pression et par diffusion, travail du jus, des écumes et des jus troubles, filtration, évaporation, cuite. — Appareils d'évaporation à effets multiples. — Turbinage. — Extraction du sucre de la mélasse. — Analyses. — Sucre de canne ou saccharose. — Glucose, lévulose et sucre interverti. — Analyse de la betterave, des jus, des écumes, des sucres, des mélasses, etc. — Le sucre de canne, culture et fabrication. — Raffinages des sucres.

De la Sobriété, conseils pour vivre longtemps, par L. CORNARO, précédé du *Régime de Pythagore*, d'après le Dr COCCHI, et suivi du *Vrai moyen de vivre plus de cent ans* dans une *santé parfaite*, par L. LESSIUS. 1880, 1 vol. in-16, de 243 p., avec 5 pl. 3 fr. 50

Ces trois singuliers traités jouissent depuis longtemps d'un grand succès de curiosité. Le premier est un panégyrique du *végétarisme* qui revient aujourd'hui à la mode. — Le second est l'autobiographie d'un homme qui, à 35 ans, atteint de nombreuses maladies résultant d'une vie d'excès, sut, en changeant totalement sa vie, devenir centenaire. Le petit traité de Lessius complète heureusement cette petite encyclopédie d'hygiène antique.

Ferments et Fermentations, études des ferments, rôle des fermentations dans la nature et dans l'industrie, par LÉON GARNIER, professeur à la Faculté de Nancy, 1888, 1 vol. in-16, de 318 pages, avec 65 figures..... 3 fr. 50

En ce siècle de microbes, à côté de ces parasites qui pullulent dans le corps humain en causant des ravages souvent irrémédiables, il est d'autres organismes microscopiques plus modestes d'allures, quoique aussi puissants dans leur action, dont l'homme a sû tirer parti, en les faisant les agents d'opérations industrielles. Ce sont les ferments : l'auteur étudie successivement les ferments, les moisissures, la fermentation alcoolique (levure, bière, vin, koumys, pain), les bactéries, les fermentations, les matières albuminoïdes et en particulier la putréfaction au point de vue des causes qui peuvent l'influencer, les moyens de détruire les germes, et les désinfectants.

Le Cuivre et le Plomb, dans l'alimentation et l'industrie, au point de vue de l'hygiène, par le professeur ARMAND GAUTIER, membre de l'Institut, 1 vol. in-16, de 310 pages.... 3 fr. 50

Deux métaux toxiques nous accompagnent partout : le cuivre et le plomb. Ils nous fournissent nos ustensiles usuels, amènent l'eau dans nos villes, entrent dans la confection des vases où nous préparons nos aliments journaliers.

Quelle est l'influence, sur la santé publique, de l'absorption continue à petite dose, de ces deux métaux ? Le cuivre, contrairement à l'opinion admise, semble, sinon inoffensif, du moins incapable d'entraîner des accidents graves ou mortels. Il en est tout autrement du plomb. Industriels, chimistes, médecins, gens du monde, etc., chacun consultera utilement, cet ensemble de recherches qui touchent à la fois aux questions techniques les plus variées et aux intérêts les plus puissants de l'hygiène et de l'alimentation publique. (*Journal de Pharmacie*).

Les Poisons de l'Air, l'acide carbonique et l'oxyde de carbone, asphyxies et empoisonnements, par N. GRÉHANT, professeur au Muséum, 1890, 1 vol. in-16, de 322 p., avec 21 fig. 3 fr. 50
Ouvrage couronné de l'Académie de médecine.

Propriétés physiques et chimiques de l'acide carbonique. — Dosage de l'acide carbonique. — Action toxique. — Action anesthésique. — Propriétés physiques et chimiques de l'oxyde de carbone. — Absorption. — Elimination. — Applications physiologiques et hygiéniques (Gaz d'éclairage. — Poêles mobiles, etc.).

La Goutte et les Rhumatismes. Guide pratique des goutteux et des rhumatisants, par le Dr REVEILLÉ-PARISE, membre de l'Académie de médecine, 1878, 1 vol. in-16 de 306 pages..... 3 fr. 50

La goutte. — Cause et nature. — Goutte aiguë. — Goutte chronique. — Formes irrégulières de la goutte. — Moyens hygiéniques ou préventifs de la goutte. — Le rhumatisme. — Nature et siège. — Rhumatisme musculaire aigu et chronique. — Sciatique. — Rhumatisme noueux. — Rhumatisme articulaire. — Moyens hygiéniques ou préventifs. — Goutte et rhumatisme.

La Bière et l'Industrie de la Brasserie,

par PAUL PETIT, professeur à la Faculté des Sciences, directeur de l'Ecole de brasserie de Nancy, 1895, 1 vol. in-16 de 420 pages, avec 74 figures, cartonné..... 5 fr.

Matières premières : Maltage. — Etude de l'eau, du houblon, de la poix — Brassage: Cuisson et houblonnage, refroidissement et oxygénation des moûts. — Fermentation · Maladies de la bière. — Contrôle de fabrication. — Consommation et valeur alimentaire de la bière. — Installation d'une brasserie. — Enseignement technique.

Chimie du Distillateur, *matières premières et produits de fabrication*,

par P. GUICHARD, ancien chimiste de distillerie, 1895, 1 vol. in-16 de 408 pages, avec 75 figures, cartonné.... 5 fr.

Ce volume a pour objet l'étude chimique des matières premières, et des produits de fabrication de la distillerie. M. Guichard étudie successivement les éléments chimiques de la distillerie, leur composition et leur essai industriel.

Microbiologie du Distillateur, *ferments et fermentations*,

par P. GUICHARD, 1895, 1 vol. in-16, de 392 pages, avec 106 figures et 38 tableaux, cartonné..... 5 fr.

Historique des fermentations; matières albuminoïdes; ferments solubles, diastases, zymases ou enzymes; ferments figurés et levures; fermentations; composition et analyse industrielle des matières fermentées, malt, moûts, drèches, etc. Tableaux de la force réelle, des spiritueux, du poids réel d'alcool pur, des richesses alcooliques, etc.

L'Industrie de la Distillation, *levures et alcools*,

par P. GUICHARD, 1897, 1 vol. in-16 de 415 pages, avec 138 figures, cartonné..... 5 fr.

Fabrication des liquides sucrés par le malt et par les acides. — Fermentation de grains, pommes de terre, mélasses, etc. — Industrie de la levûre de brasserie, de distillerie et levure pure. — Fabrication de l'alcool; grains, pommes de terre, mélasses. — Distillation et purification de l'alcool. — Applications : levûres, alcools, résidus.

Placé pendant longtemps à la tête du laboratoire d'une fabrique de levure, M. Guichard a pu apprécier les besoins de cette grande industrie, et le traité qu'il publie aujourd'hui y donne satisfaction, en mettant à la portée des industriels, sous une forme simple, quoique complète, les travaux les plus récents des savants français et étrangers.

Le Sucre et l'Industrie sucrière,

par PAUL HORSIN-DÉON, ingénieur-chimiste, 1895, 1 vol. in-16 de 495 pages, avec 83 figures, cartonné..... 5 fr.

Ce livre passe en revue tout le travail de la sucrerie, tant au point de vue pratique de l'usine, qu'au point de vue purement chimique du laboratoire; c'est un exposé au courant des plus récents perfectionnements. Voici le titre des différents chapitres :

La betterave et sa culture. — Travail de la betterave et extraction du jus par pression et par diffusion, travail du jus, des écumes et des jus troubles, filtration, évaporation cuite. — Appareils d'évaporation à effets multiples. — Turbinage. — Extraction du sucre de la mélasse. — Analyses. — Sucre de canne ou saccharose. — Glucose, lévulose et sucre interverti. — Analyse de la betterave, des jus, des écumes, des sucres, des mélasses, etc. — Le sucre de canne, culture et fabrication. — Raffinages des sucres.

De la Sobriété, conseils pour vivre longtemps, par L. CORNARO, précédé du *Régime de Pythagore*, d'après le Dr COCCHI, et suivi du *Vrai moyen de vivre plus de cent ans* dans une *santé parfaite*, par L. LESSIUS. 1880, 1 vol. in-16, de 243 p., avec 5 pl. 3 fr. 50

Ces trois singuliers traités jouissent depuis longtemps d'un grand succès de curiosité. Le premier est un panégyrique du *végétarisme* qui revient aujourd'hui à la mode. — Le second est l'autobiographie d'un homme qui, à 35 ans, atteint de nombreuses maladies résultant d'une vie d'excès, sut, en changeant totalement sa vie, devenir centenaire. Le petit traité de Lessius complète heureusement cette petite encyclopédie d'hygiène antique.

Ferments et Fermentations, études des ferments, rôle des fermentations dans la nature et dans l'industrie, par LÉON GARNIER, professeur à la Faculté de Nancy, 1888, 1 vol. in-16, de 318 pages..... 3 fr. 50

En ce siècle de microbes, à côté de ces parasites qui pullulent dans le corps humain en causant des ravages souvent irrémédiables, il est d'autres organismes microscopiques plus modestes d'allures, quoique aussi puissants dans leur action, dont l'homme a sû tirer parti, en les faisant les agents d'opérations industrielles. Ce sont les ferments : l'auteur étudie successivement les ferments, les moisissures, la fermentation alcoolique (levure, bière, vin, koumys, pain), les bactéries, les fermentations, les matières albuminoïdes et en particulier la putréfaction au point de vue des causes qui peuvent l'influencer, les moyens de détruire les germes, et les désinfectants.

Le Cuivre et le Plomb, dans l'alimentation et l'industrie, au point de vue de l'hygiène, par le professeur ARMAND GAUTIER, membre de l'Institut, 1 vol. in-16, de 310 pages.... 3 fr. 50

Deux métaux toxiques nous accompagnent partout : le cuivre et le plomb. Ils nous fournissent nos ustensiles usuels, amènent l'eau dans nos villes, entrent dans la confection des vases où nous préparons nos aliments journaliers.

Quelle est l'influence, sur la santé publique, de l'absorption continue à petite dose, de ces deux métaux ? Le cuivre, contrairement à l'opinion admise, semble, sinon inoffensif, du moins incapable d'entraîner des accidents graves ou mortels. Il en est tout autrement du plomb. Industriels, chimistes, médecins, gens du monde, etc., chacun consultera utilement, cet ensemble de recherches qui touchent à la fois aux questions techniques les plus variées et aux intérêts les plus puissants de l'hygiène et de l'alimentation publique. (*Journal de Pharmacie*).

Les Poisons de l'Air, l'acide carbonique et l'oxyde de carbone, asphyxies et empoisonnements, par N. GRÉHANT, professeur au Muséum, 1890, 1 vol. in-16, de 322 p., avec 21 fig. 3 fr. 50
Ouvrage couronné de l'Académie de médecine.

Propriétés physiques et chimiques de l'acide carbonique. — Dosage de l'acide carbonique. — Action toxique. — Action anesthésique. — Propriétés physiques et chimiques de l'oxyde de carbone. — Absorption. — Elimination. — Applications physiologiques et hygiéniques (Gaz d'éclairage. — Poêles mobiles, etc.).

La Goutte et les Rhumatismes. Guide pratique des goutteux et des rhumatisants, par le Dr REVEILLÉ-PARISE, membre de l'Académie de médecine, 1878, 1 vol. in-16 de 306 pages..... 3 fr. 50

La goutte. — Cause et nature. — Goutte aiguë. — Goutte chronique. — Formes irrégulières de la goutte. — Moyens hygiéniques ou préventifs de la goutte. — Le rhumatisme. — Nature et siège. — Rhumatisme musculaire aigu et chronique. — Sciatique. — Rhumatisme noueux. — Rhumatisme articulaire. — Moyens hygiéniques ou préventifs. — Goutte et rhumatisme.